

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1930-1931. — N° 29

DÉVELOPPEMENT DES PAROIS ARTÉRIELLES de l'HOMME

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le Lundi 15 décembre 1930

PAR

Clément-Henri MARGAT

ÉLÈVE DU SERVICE DE SANTÉ DE LA MARINE

PRÉPARATEUR AU LABORATOIRE D'ANATOMIE GÉNÉRALE ET D'HISTOLOGIE

Né au CHATEAU-D'OLÉRON (Charente-Inférieure), le 31 janvier 1905

Examineurs de la Thèse	{	MM. DUBREUIL, professeur.....	<i>Président</i>
		PETGES, professeur.....	{ <i>Juges.</i>
		LACOSTE, agrégé.....	
		JOULIA, agrégé.....	

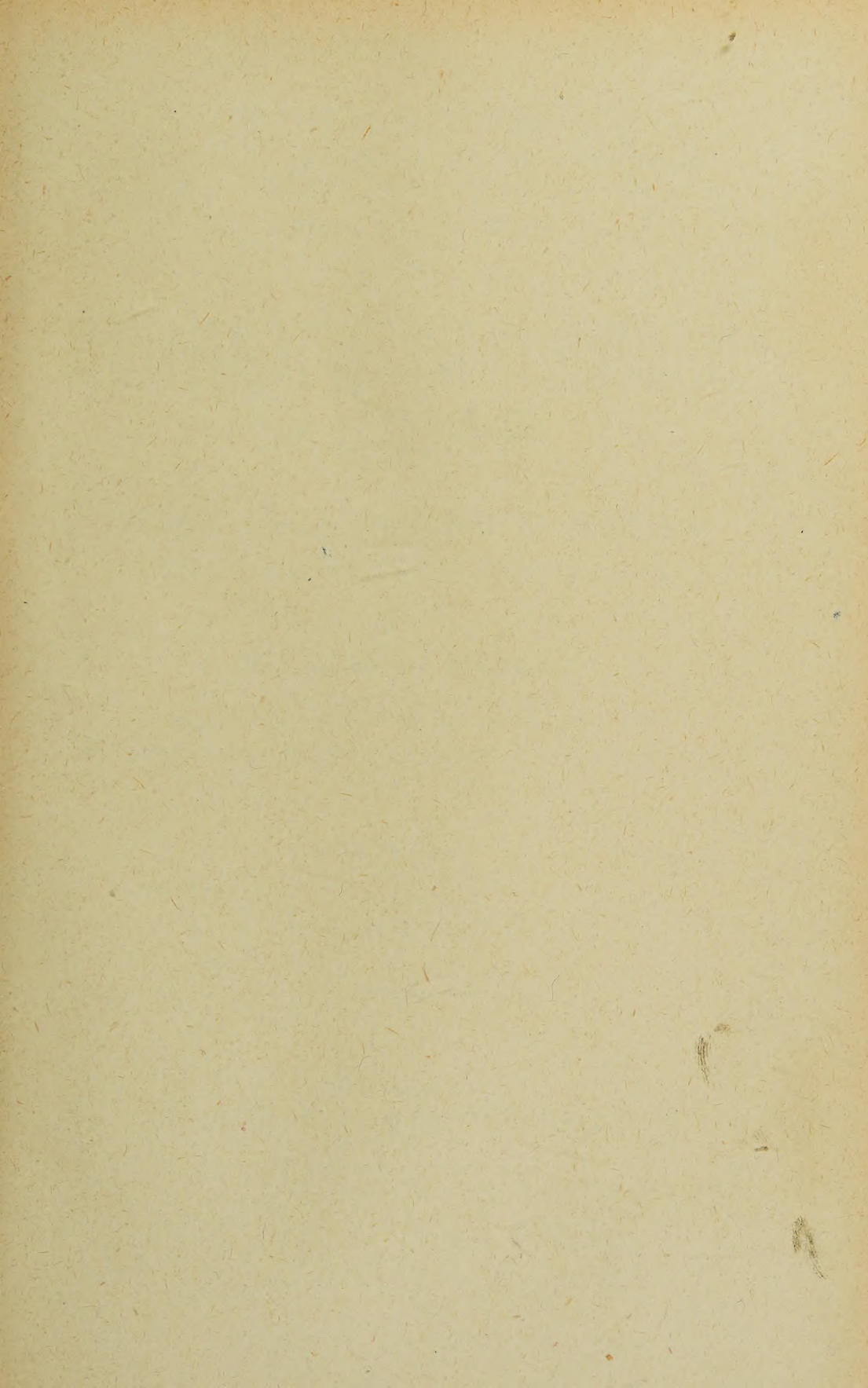
BORDEAUX

IMPRIMERIE DE L'ACADÉMIE ET DES FACULTÉS

Y. CADORET

3, PLACE SAINT-CHRISTOLY, 3

1930



UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1930-1931. — N° 29

DÉVELOPPEMENT DES PAROIS ARTÉRIELLES de l'HOMME

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le Lundi 15 décembre 1930

PAR

Clément-Henri MARGAT

ÉLÈVE DU SERVICE DE SANTÉ DE LA MARINE

PRÉPARATEUR AU LABORATOIRE D'ANATOMIE GÉNÉRALE ET D'HISTOLOGIE

Né au CHATEAU-D'OLÉRON (Charente-Inférieure), le 31 janvier 1905

Examineurs de la Thèse	{	MM. DUBREUIL, professeur	<i>Président</i>
		PETGES, professeur	} <i>Juges.</i>
		LACOSTE, agrégé	
		JOULIA, agrégé	

BORDEAUX
IMPRIMERIE DE L'ACADÉMIE ET DES FACULTÉS
Y. CADORET
3, PLACE SAINT-CHRISTOLY, 3

1930

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

M. SIGALAS..... Doyen.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. POUSSON, MOURE, PRINCETEAU, W. DUBREUILH, RIVIÈRE,
BARTHE, LE DANTEC, DENIGÈS.

PROFESSEURS

	MM.		MM.
Clinique médicale.....	N.	Zoologie et parasitologie.....	MANDOUL.
id.....	CASSAET.	Médecine expérimentale.....	MAURIAC.
Clinique chirurgicale.....	CHAVANNAZ.	Clinique ophtalmologique.....	TEULIÈRES.
id.....	BÉGOUIN.	Clinique chirur. infantile et orthopédie.....	ROCHER.
Pathologie et thérapeutiques générales.....	GARLES.	Clinique gynécologique.....	GUYOT.
Clinique d'accouchements.....	ANDÉRODIAS.	Clinique méd. des maladies des enfants.....	CRUCHET.
Anatomie pathol. et microscopie clinique.....	SABRAZÈS.	Chimie biologique et médicale.....	DELAUNAY.
Anatomie.....	VILLEMEN.	Physique médicale et pharmaceutique.....	SIGALAS.
Anatomie générale et histologie.....	G. DUBREUIL.	Médec. coloniale et clin. des mal. exotiques.....	BONNIN.
Physiologie.....	PACHON.	Clinique des malad. cutanées et syphilitiques.....	PETGES.
Hygiène.....	AUCHÉ.	Clinique des maladies des voies urinaires.....	DUVERGEY.
Médecine légale et déontologie.....	LANDE.	Clinique des malad. nerveuses et mentales.....	ABADIE.
Electroradiologie et clin. d'électricité médie.....	RÉCHOU.	Clinique d'oto-rhino-laryngologie.....	PORTMANN.
Chimie.....	CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée.....	LABAT.
Botanique et matière médicale.....	BEILLE.	Hydrologie thérapeutique et climatologie.....	SELLIER.
Pharmacie.....	DUPOUY.		

MM. MICHELEAU, LEURET, DUPÉRIÉ (Médecine générale).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.		MM.
Anatomie.....	DUBECQ.	Maladies mentales.....	PERRENS.
id.....	DUFOUR.	Chirurgie générale.....	PAPIN.
Histologie.....	LACOSTE.	id.....	JEANNENEY.
Anatomie pathologique.....	MURATET.	id.....	CHARRIER.
Parasitologie et sciences naturelles.....	R. SIGALAS.	id.....	LOUBAT.
Médecine générale.....	GREYX.	Obstétrique.....	PERY.
id.....	N.	id.....	N.
id.....	AUBERTIN.	Ophtalmologie.....	BEAUVIEUX.
id.....	DAMADE.	Dermatologie et syphiligraphie.....	JOULIA.
id.....	PIÉCHAUD.	Pharmacie.....	GOLSE.
id.....	DELMAS-MARSALET.	Chimie générale pharmaceut. et toxicologie.....	VITTE.

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.		MM.
Clinique dentaire.....	CAVALIÉ.	Puériculture.....	FAUGÈRE.
Médecine opératoire.....	PAPIN.	Démonstrations et préparations pharmac.....	N.
Accouchements.....	N.	Pharmacie chimique.....	GOLSE.
Ophtalmologie.....	CABANNES.	Zoologie et parasitologie.....	R. SIGALAS.

Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. MM. N.
Cours complémentaire annexe. — Prothèse et rééducation professionnelle.....

GOURDON

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

A LA MEMOIRE DE MON PERE

DISPARU DEVANT MASSIGES LE 25 SEPTEMBRE 1945

A MA MERE

A MA SOEUR

A MES AMIS

A MES MAITRES DES HOPITAUX, DE LA FACULTE
ET DE LA MARINE

A MONSIEUR LE DOCTEUR LACOSTE

*Professeur agrégé d'Histologie à la Faculté de Médecine de Bordeaux,
Docteur ès sciences naturelles,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique.*

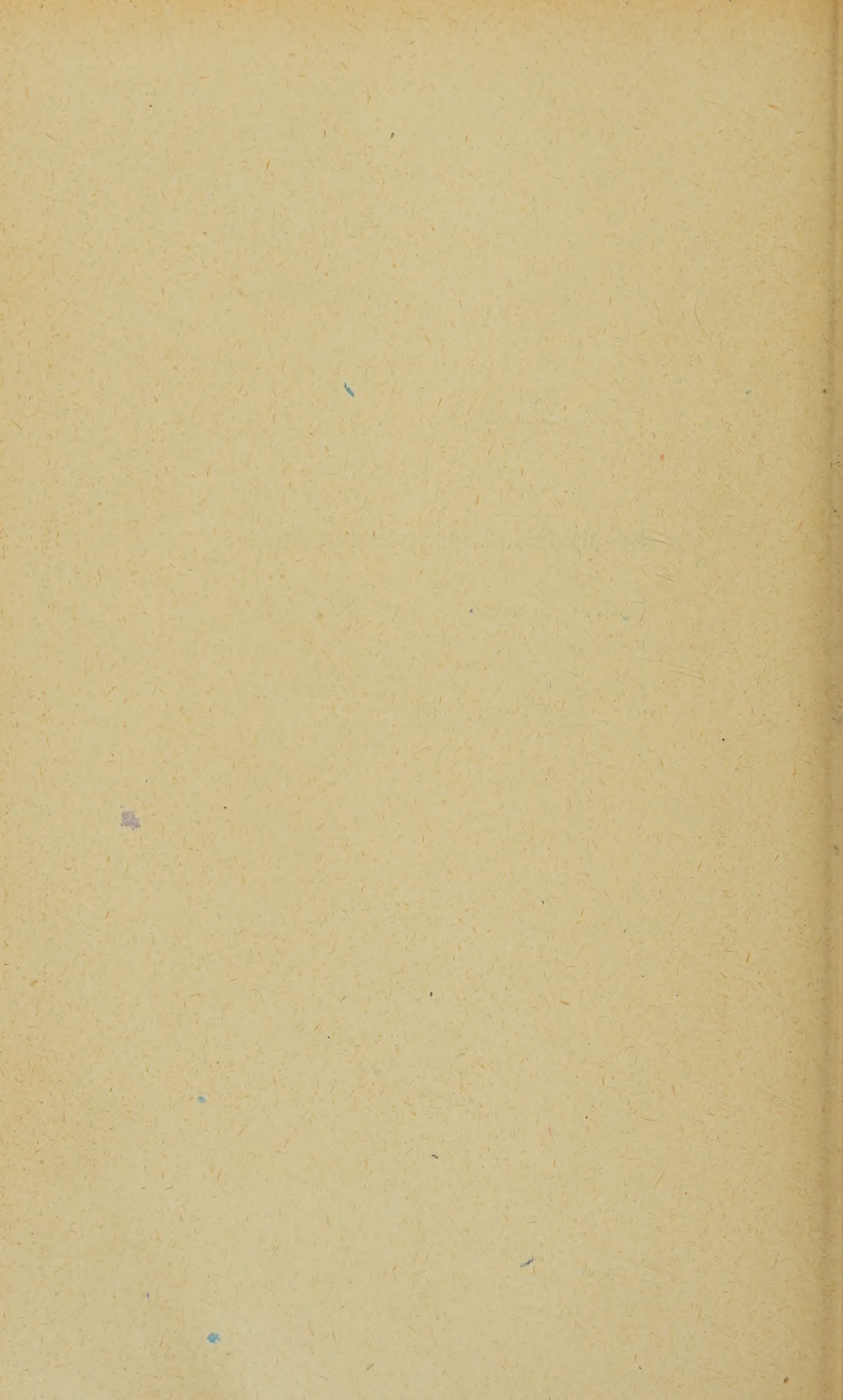
A MONSIEUR LE MÉDECIN GÉNÉRAL DARGEIN

*Directeur de l'Ecole principale du Service de Santé
de la Marine et des Colonies,
Officier de la Légion d'honneur,
Croix de guerre,
Officier de l'Instruction publique.*

A MON MAITRE ET PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR G. DUBREUIL

*Professeur d'Anatomie générale et d'Histologie à la Faculté de Médecine
et de Pharmacie de Bordeaux,
Membre correspondant de la Société de Biologie,
Chevalier de la Légion d'honneur.
Officier de l'Instruction publique.*



AVANT-PROPOS

Le sujet de ce travail nous fut fourni par notre maître, M. le Professeur G. Dubreuil.

Déjà comme préparateur dans son laboratoire nous avons pu bénéficier de son enseignement et de ses conseils; l'élaboration de cette thèse, où il nous a guidé pas à pas, nous a permis d'apprécier sa grande bienveillance à notre égard. Qu'il soit assuré de notre reconnaissance et du respectueux attachement que nous avons pour lui.

Nous voulons aussi exprimer notre gratitude à M. le Professeur agrégé Lacoste, qui nous a toujours fait le meilleur accueil et ne nous a jamais ménagé son aide, et à M. le Docteur Beylot, dont nous avons été le modeste auxiliaire aux travaux pratiques.

M. le Docteur Baudrimont et Mlle Merlet nous ont toujours témoigné une amitié pleine d'indulgence que nous ne saurions oublier.

DÉVELOPPEMENT DES PAROIS ARTÉRIELLES

INTRODUCTION

Le développement embryologique des vaisseaux artériels n'entre pas dans le cadre de notre travail, nous étudions uniquement la formation de la paroi elle-même. De nombreux auteurs se sont occupés de la question. Dans notre premier chapitre, nous avons essayé de classer les opinions diverses de façon à faire le point au milieu des connaissances actuelles.

Les observations microscopiques qui sont à la base de nos recherches ont été groupées en un second chapitre; bien qu'elles soient assez nettes et détaillées par elles-mêmes, nous avons cru bon de les illustrer par trois planches de dessins représentant quelques préparations parmi les plus typiques.

Le troisième chapitre comprend : une étude de la genèse des formations élastiques et musculaires, une vue d'ensemble du développement de la paroi et quelques considérations sur sa mécanogenèse et son déterminisme.

Nous avons enfin essayé de condenser en quelques formules brèves le résultat de nos recherches sur le développement des parois artérielles.

CHAPITRE PREMIER

ETAT ACTUEL DE LA QUESTION DU DEVELOPPEMENT DES PAROIS ARTERIELLES

Les auteurs réunissent en général dans une seule et même description le développement des artères des types les plus divers. Une telle manière de faire est sans doute légitime dans les stades les plus jeunes, mais plus tard, elle est une cause évidente d'obscurité dans les descriptions.

Les artères du type élastique et les artères du type musculaire se distinguent en effet très précocement les unes les autres dans leur comportement évolutif, et l'on ne peut, à cet égard, s'empêcher d'apporter d'assez sérieuses réserves à l'opinion d'Aschoff, qui place le début des différenciations vraiment typiques dans le cours du quatrième mois de la vie intra-utérine.

Aussi, dans un but de clarté, on s'attachera ici à grouper les descriptions données en les classant par rapport aux deux types fondamentaux d'organisation des parois artérielles : le type élastique et le type musculaire.

DÉVELOPPEMENT DE LA PAROI DES ARTÈRES DU TYPE ÉLASTIQUE.

C'est à peu près exclusivement l'aorte que les auteurs ont pris pour objet d'étude. Au début, il s'agit, comme l'ont bien vu Vialleton, Benda, Bonnet, Aschoff, Priebatsch et d'autres, d'un simple tube endothélial autour duquel les cellules indifférentes du mésenchyme environnant se multiplient et s'ordonnent en couches concentriques. C'est au sein de cet étui mésenchyma-

teux que se produiront les différenciations aboutissant à l'individualisation de l'intima, de la média et de l'adventice.

Selon Aschoff, la distinction entre ces tuniques est possible dès la fin du troisième mois; cette date apparaît d'après nos observations comme un peu tardive. Thoma, Aschoff, Priebatsch, s'accordent à reconnaître que l'intima commence à acquérir ses vrais caractères au cours de la deuxième moitié de la vie intra-utérine seulement, et que sa structure définitive n'est réalisée qu'après la naissance. Par contre, c'est d'une façon beaucoup plus précoce que l'on perçoit les progrès de la différenciation des tuniques moyenne et externe.

On s'est très vite rendu compte que ce qui caractérise le plus objectivement la média en voie de formation c'est le développement du tissu élastique. Son apparition est signalée comme particulièrement précoce. Acquisto et Rizzo ont même fait remarquer que, chez le poulet, c'est au niveau de la paroi aortique qu'apparaissent les premiers éléments élastiques de l'embryon. Priebatsch admet, avec Aschoff, que l'ébauche de la limitante élastique interne apparaît la première sous la forme d'une membrane hyaline, après quoi se constituent sur une certaine épaisseur d'autres lamelles à direction générale circulaire anastomosées entre elles par de fines fibrilles élastiques. C'est là une manière de voir qu'à la lumière de nos observations nous aurons à discuter. Le mode de formation de ces appareils a donné lieu à des interprétations diverses.

Dans son travail récent, Krompecher reprenant l'ancienne conception des élastoblastes soutient que, dans les parois artérielles précisément, la substance élastique se constitue aux dépens de cellules mésenchymateuses spéciales possédant une activité edificatrice propre, et destinées ensuite à disparaître. Par contre, Priebatsch avoue qu'il n'a pu se faire une opinion exacte sur l'origine des formations élastiques; il les a vues apparaître sous la forme de très fines fibrilles, dont il lui a été impossible de préciser les rapports vis-à-vis des cellules mésenchymateuses voisines.

La différenciation des éléments musculaires ne semble pas

avoir retenu très spécialement l'attention des auteurs. Aschoff note simplement qu'au quatrième mois de la vie intra-utérine la média renferme des noyaux allongés qui tendent progressivement vers l'aspect fusiforme typique des noyaux musculaires.

L'adventicē est reconnaissable dès le troisième mois de la vie intra-utérine; elle est identifiable par la disposition en couches concentriques de ses noyaux et par le fait que dans le cours du quatrième mois il apparaît à son intérieur des fibres conjonctives dont les plus externes affectent une direction générale longitudinale (Aschoff). Cet auteur fait remarquer aussi que l'adventice se distingue de la média par l'absence de formations élastiques; celles-ci n'apparaissent que dans le cours du quatrième mois sous la forme de fines fibres destinées d'ailleurs à demeurer dans la suite rares et délicates.

DÉVELOPPEMENT DE LA PAROI DES ARTÈRES MUSCULAIRES.

Le développement de la paroi des artères musculaires a été beaucoup moins étudié que celui de l'aorte. Certaines descriptions, comme celle de Krompecher et même d'Aschoff, *pro parte*, concernent la carotide; or, c'est là un objet peu démonstratif dans le cas présent. Les artères carotides, en effet, dans une grande partie de leur trajet, se ressentent, dans leur structure, de leur voisinage avec le cœur et ne réalisent que très imparfaitement le type musculaire.

Aschoff, dans son important mémoire, a étudié en même temps que l'aorte et la carotide l'humérale et la fémorale qui sont de bons exemples d'artères musculaires.

Voici les conclusions auxquelles il est arrivé :

Les premiers stades évolutifs sont superposables à ceux déjà décrits à propos de l'aorte et caractérisés essentiellement par la présence d'un endothélium doublé d'une atmosphère conjonctive indifférente dans laquelle les cellules connectives embryonnaires s'ordonnent en couches concentriques.

Dès le début du troisième mois, on assiste à un commence-

ment de différenciation dans la région de cette enveloppe qui correspondra plus tard à l'adventice. Cette zone s'organise, en effet, en deux couches nettement distinctes; une couche interne où les fibres conjonctives prennent une orientation générale longitudinale et une couche externe où elles affectent une disposition annulaire. Ce n'est qu'au sixième mois qu'apparaîtraient les formations élastiques sous forme de fibres longitudinales externes. Sur ce point auquel nous attachons une importance particulière, nos observations sont manifestement en désaccord avec celles d'Aschoff.

Vers la fin du troisième mois (embryons mesurant 5 cm. 5 du vertex au coccyx), on assiste, selon le même auteur, à la différenciation de la limitante élastique interne, qui apparaît d'abord sous la forme d'une mince membrane hyaline sous-endothéliale, qui au quatrième mois (embryons mesurant 10 cm. 5 du vertex au coccyx) s'est notablement épaissie et a pris les caractères d'une véritable limitante élastique interne. Cette formation précocement fenêtrée dans les artères élastiques ne prendrait cet aspect, au niveau des artères musculaires, qu'au moment de la naissance. Ce qui est sûr, c'est que l'intima reste pendant la vie intra-utérine réduite à ces deux formations : endothélium et limitante élastique interne. Ses autres constituants ne feront leur première apparition qu'après la naissance, un peu plus tard, par conséquent, que dans les artères du type élastique.

Aschoff place le début de la différenciation de la média au commencement du quatrième mois. Jusqu'à cette époque, cette région de la paroi artérielle est simplement caractérisée par la présence de couches conjonctives concentriques très riches en noyaux connectifs. Plus tard, vers le milieu du quatrième mois (fœtus mesurant 10 cm. 5, vertex-coccyx), les cellules s'allongent en fuseau et leur noyau s'effile, ce qui signe leur transformation musculaire; en même temps apparaissent les formations élastiques, sous forme de minces lames élastiques isolées. Enfin, la média se sépare de l'adventice par le moyen d'une limitante élastique externe nettement formée.

C'est un fait banal d'observation que la paroi artérielle s'accroît en épaisseur au cours du développement, et la question s'est posée, notamment pour la média, de savoir dans quel sens s'effectue cette croissance.

Pour Morpurgo, et cette opinion est partagée par Aschoff, les formations élastiques les plus voisines de l'intima étant délicates et fragiles tandis que celles de la périphérie sont denses et fortes, on peut penser que l'augmentation d'épaisseur de la média se fait par l'adjonction de couches nouvelles, nées au voisinage de l'intima et repoussées progressivement vers la périphérie.

Les dispositions signalées sont, en effet, très nettes dans la média des artères élastiques, mais nous aurons à discuter ultérieurement l'interprétation qu'en a donnée Morpurgo. Telles sont, exposées dans leurs grandes lignes, les principales données actuellement acquises sur l'histogénèse des parois artérielles. Nous aurons l'occasion, au cours du présent travail, de les rectifier et de les compléter sur divers points concernant la chronologie de l'apparition des constituants et leur évolution ultérieure.

Nous insisterons notamment sur les formations élastiques dont l'importance morphologique et physiologique est primordiale et qui, grâce aux techniques actuelles se prêtent à une étude particulièrement précise.

CHAPITRE II

MATERIEL ET TECHNIQUE

ETUDE ANALYTIQUE DE QUELQUES VAISSEAUX A DIFFERENTS STADES EMBRYONNAIRES ET FŒTAUX

§ 1. — Matériel et technique.

Les vaisseaux étudiés dans ce travail proviennent d'une série de douze embryons et fœtus humains mesurant respectivement 21, 26, 40, 46 millimètres, 6 cm. 2, 7 cm. 5, 8 centimètres, 9 cm. 3, 12 cm. 5, 15 cm. 5, 16 cm. 2 et 22 centimètres. Il est entendu que ces dimensions expriment la longueur vertex-coccyx. Nous avons étudié systématiquement, lorsque les dimensions de nos fœtus nous l'ont permis : l'aorte thoracique, l'aorte abdominale, les carotides, l'humérale, la fémorale et les artères de l'avant-bras et de la jambe.

Chez nos petits embryons (jusqu'à 46 millimètres), nous avons inclus en bloc un segment du cou, un segment du thorax et un segment de l'abdomen.

Chez les fœtus plus âgés, de 6 cm. 2 à 9 cm. 3, nous avons prélevé directement l'aorte. Le contenu de la loge carotidienne a été fixé et inclus en bloc.

Quant aux membres, un segment pris à leur partie médiane a été décalcifié par l'acide azotique à 5 p. 100 pendant quatre jours et lavé ensuite à l'eau bicarbonatée, puis à l'eau pure. A partir du fœtus de 12 cm. 5, nous avons pu désosser les membres sans trop craindre de léser les organes qui nous intéressaient. Enfin, chez le fœtus de 22 centimètres, nous avons

inclus séparément les artères de l'avant-bras; nous avons fait de même pour celles de la jambe.

Toutes nos pièces ont été fixées au formol à 5 p. 100 pendant une dizaine de jours et conservées ensuite dans l'alcool à 80 degrés. Elles ont été incluses à la paraffine.

L'épaisseur de nos coupes varie de 10 à 15 μ selon les éléments étudiés et le but poursuivi.

Nous avons employé systématiquement trois méthodes de coloration pour chacune de nos coupes :

Coloration à l'hématéine-éosine pour les vues d'ensemble, avec différenciation soigneuse de l'éosine par coloration lente pour la mise en évidence des fibres musculaires lisses;

Coloration au picro-ponceau pour la détermination des fibres conjonctives ou du collagène.

Coloration à la fuchsine ferrique de Weigert pour la différenciation des éléments élastiques.

Enfin quelques-uns de nos préparations ont été traitées par l'hématéine érythrosine safran, d'après la méthode de Masson; d'autres, pour la recherche des cinèses, ont été colorées par l'hématoxyline au fer.

§ 2. — Etude analytique de quelques vaisseaux à différents stades embryonnaires et fœtaux.

Chaque type de vaisseau artériel, élastique ou musculaire se développe, comme on le verra, suivant une modalité en rapport avec sa structure définitive. Il est donc rationnel d'examiner des vaisseaux du même groupe, à des stades de plus en plus avancés, plutôt que d'examiner tous les vaisseaux d'un même embryon ou fœtus les uns à la suite des autres.

D'ailleurs, pour ne pas compliquer la question, on peut étudier deux groupes d'artères parfaitement classiques : les artères élastiques et les artères musculaires. Les caractères du développement des artères dites « de transition » parti-

cipera évidemment des caractères de l'un et de l'autre groupe précités.

Dans le groupe des artères élastiques, notre matériel comporte :

Aorte à la sortie du cœur, aorte thoracique ascendante et descendante, aorte abdominale, artère pulmonaire et ses branches de bifurcation, tronc artériel, artères intra-pulmonaires, carotide primitive.

Dans le groupe des artères musculaires, les exemples ont été pris sur quelques grosses artères : fémorale, humérale, tibiale postérieure et antérieure, radiale et cubitale, quelques artères musculaires de la jambe et du bras et même quelques artérioles des troncs nerveux.

On trouvera donc ci-dessous :

1° La description analytique de quelques artères élastiques à différents stades du développement et le résumé des faits acquis;

2° La description analytique de quelques artères musculaires à différents stades du développement et le résumé des faits acquis.

La synthèse de ces données sera faite dans le chapitre suivant.

A. — ARTERES DU TYPE ELASTIQUE.

1° OBSERVATIONS ANALYTIQUES.

Aorte thoracique descendante (Embryon de 21 millimètres)

La coupe passe transversalement à travers le thorax à la hauteur de l'orifice aortique; elle intéresse les valvules sigmoïdes.

L'aorte descendante apparaît rétractée. Dans son épaisse paroi, se distinguent, bien différenciés, un endothélium, une média volumineuse et une adventice très nette.

L'endothélium présente la forme générale d'une ligne festonnée. L'endartère n'existe pas. La limitante élastique interne est inexistante.

La média est constituée de plusieurs assises de cellules arrondies ou polyédriques disposées sur une assez grande épaisseur et séparées par des membranes collagènes abondantes, mais très délicates. L'élément élastique est représenté dans la zone interne de la tunique moyenne par un feutrage de fibres délicates délimitant des logettes polygonales; dans la zone externe, le tissu élastique montre une tendance à se disposer en lamelles délicates concentriques, renforcées en de nombreux endroits par des fibres élastiques.

Alors que l'œsophage nous montre l'existence très nette de fibres musculaires lisses, il est impossible d'en déceler aucune dans l'épaisseur de la paroi aortique.

La limitante élastique externe n'existe pas.

L'adventice est formée de couches collagènes assez nombreuses, avec des cellules aplaties.

Aorte thoracique descendante (foetus de 26 millimètres).

La coupe passe au-dessous de la bifurcation de la trachée. Elle intéresse la partie inférieure des deux poumons et le cœur au niveau de l'orifice auriculo-ventriculaire droit. Une faible partie de l'orifice mitral apparaît dans la préparation; le ventricule n'est représenté que par une petite fente. L'aorte est située dans un méso postérieur épais qui contient en même temps l'œsophage; à ce méso sont rattachés les poumons par une étroite bande de tissu.

Les nerfs phréniques sont déjà divisés en trois ou quatre branches.

La paroi de l'aorte est épaisse.

L'endothélium, à cellules un peu globuleuses, est à peine festonné.

Pas d'endartère.

Sous l'endothélium, on voit par endroit une couche élastique fibrillaire longitudinale assez nette qui manque en d'autres points; c'est l'ébauche de la membrane limitante élastique interne.

Dans l'épaisseur de la média, de fines lames élastiques ou des rangées de fibres dessinent déjà 12 ou 14 couches concentriques régulièrement disposées.

Bien que les fibres musculaires lisses soient parfaitement nettes dans l'œsophage sous forme de cellules à noyau allongé, on ne trouve

pas dans la média aortique de formations musculaires nettement visibles; les cellules ont une forme sphérique ou polyédrique.

L'adventice est nettement formée de petites lames collagènes séparées par des espaces clairs et par des cellules légèrement aplaties. Les formations élastiques y sont très rares, seules se montrent quelques fines fibres à direction variable.

Dans le reste de la coupe, on ne décèle aucune trace de tissu élastique.

Aorte thoracique descendante (foetus de 40 millimètres).

La coupe passe un peu au-dessous de la bifurcation de la trachée, intéressant un gros vaisseau du hile du poumon gauche. Le cœur a été sectionné au niveau des deux orifices auriculo-ventriculaires.

L'aorte est notablement plus grosse que chez les sujets précédents.

L'endothélium est finement festonné.

La limitante élastique interne apparaît très nette en certains points du pourtour et dessine là des festons accentués, mais elle est absolument invisible en d'autres points.

La média est caractéristique du fait de la densité des cellules à noyau arrondi ou légèrement ovalaire. On n'y peut distinguer aucune trace de cellules musculaires différenciées, alors qu'elles sont excessivement nettes dans l'œsophage voisin.

La substance collagène existe dans l'épaisseur de la média, mais elle est discrètement répartie en fines lamelles festonnées.

Les lames élastiques, au nombre de 18 à 24 environ, fines et onduleuses, notablement plus minces que la limitante interne, sont très régulièrement disposées.

L'adventice est formée de lames concentriques manifestement collagènes, avec de très rares fibres élastiques.

En somme, nous avons dans l'ensemble la disposition caractéristique d'un vaisseau de type élastique plus délicat qu'un vaisseau adulte.

Il n'existe pas de trace de fibres élastiques dans le reste de la coupe, sauf en certaines régions de l'endocarde ventriculaire et sous certaines zones de l'endothélium du sinus veineux.

Aorte thoracique descendante (fœtus de 46 millimètres).

La coupe passe au niveau de la bifurcation de la trachée, les deux bronches étant déjà séparées.

L'aorte est sur le même plan transversal que l'œsophage.

L'endothélium ne présente rien de particulier.

L'endartère est à peu près inexistante.

La limitante élastique interne se présente comme une ligne noire très précise, festonnée et forte. Par endroits, elle semble former une lame continue, ailleurs elle est fibrillaire.

Les lames élastiques de la média sont nombreuses, disposées régulièrement en 35 à 38 couches concentriques, et se présentent sous forme de lignes festonnées.

Dans la zone interne de la média, les lames sont toujours plus écartées et moins précises que dans la zone externe.

Entre les lamelles élastiques, les noyaux des cellules présentent des variations morphologiques suivant leur situation : les cellules de la zone immédiatement adjacente à la limitante ont des noyaux arrondis ou de forme variable, quelques-uns sont allongés. Dans la zone moyenne, les noyaux sont nettement allongés et quelques-uns sont boudinés, ils prennent l'allure de noyaux de fibres musculaires lisses.

Dans la zone externe existent des noyaux très allongés, en bâtonnets, ainsi que quelques noyaux ronds.

Dans toute l'épaisseur de la média, il existe des cinèses montrant nettement la multiplication interstitielle des cellules (exactement 9 figures, au stade de plaque équatoriale, de dédoublement de la plaque ou de noyaux fils.) Les cinèses sont d'ailleurs aussi abondantes dans la pulmonaire.

L'adventice est lâche, formée de fibres collagènes délicates avec quelques discrètes cellules aplaties. Elle ne possède presque pas de fibres élastiques.

A cette époque, il y a certainement formation de fibres musculaires dans la paroi artérielle, moins avancée cependant que dans l'œsophage, où la couche annulaire et la couche longitudinale sont déjà très nettes.

Aorte thoracique à la sortie du cœur (fœtus de 46 millimètres).

La coupe intéresse l'aorte à sa sortie du cœur. On trouve la portion descendante sur le même plan transversal que l'œsophage, au niveau de la trachée déjà bifurquée. Les deux artères pulmonaires droite et gauche sont coupées obliquement. La paroi du vaisseau est très épaisse.

L'endothélium n'offre rien de spécial à signaler.

La limitante élastique interne est formée, mais elle est complexe en certains secteurs et indistincte en d'autres; lorsqu'elle est nettement visible, elle a un aspect fibrillaire.

La média est très épaisse. Elle possède une charpente élastique très abondante dessinant des logettes entremêlées en divers sens (annulaires, obliques, longitudinales), contrairement à la régularité habituelle de l'aorte.

Ces éléments élastiques se présentent sous forme de fibres plutôt que de lamelles.

Les noyaux des cellules de la tunique moyenne sont, les uns ovoïdes, les autres arrondis, beaucoup sont allongés dans des sens variés, mais aucun ne possède encore nettement le type des noyaux musculaires, comme dans l'œsophage et les muscles des bronches.

On note de nombreuses cinèses dans toute l'épaisseur de la paroi.

L'adventice est excessivement lâche et les formations élastiques y sont pratiquement nulles.

Aorte thoracique descendante (fœtus de 7 cm. 5.).

L'aorte est assez fortement revenue sur elle-même.

L'endothélium existe régulièrement sur tout le pourtour de la lumière, mais les cellules qui le composent ne semblent qu'adhérer faiblement aux couches sus-jacentes, dont elles sont séparées par des espaces clairs.

L'ébauche de l'endartère est encore douteuse.

La limitante élastique interne est très nette; très finement onduleuse, elle se présente sous l'aspect d'une lame presque continue.

En dehors de cette membrane existe une couche de cellules dont les noyaux sombres, de forme excessivement variable, dessinent autour du vaisseau une ligne continue.

Les lames élastiques de la média sont disposées très régulièrement, elles sont finement ondulées. On en compte 30 à 40. Il est à noter que dans la zone externe elles sont très serrées les unes contre les autres.

Entre ces lamelles élastiques, les noyaux des cellules ont à peu près les mêmes caractères que dans le stade précédent, un grand nombre d'entre eux sont déjà assez fortement allongés. Quelques cellules migratrices apparaissent çà et là dans l'épaisseur de la tunique.

Les cinèses sont peu nombreuses, à peine deux ou trois dans cette préparation.

Le tissu collagène est toujours délicat.

L'adventice est formée d'une série de lames conjonctives annulaires dont les fibres sont déjà bien différenciées. Beaucoup ont une direction longitudinale, mais dans l'ensemble on a l'impression de plans circulaires superposés.

Aorte thoracique descendante (foetus de 16 cm. 2).

L'endothélium n'offre rien de particulier à signaler. L'endartère est à peine indiquée, et ne possède aucune formation élastique, même minime.

La lame limitante interne est très précise; elle est fortement festonnée et se dédouble en quelques zones, d'ailleurs rares.

La média possède environ une cinquantaine de lames élastiques; les plus internes (deux ou trois seulement) sont fines et incomplètes; toutes les autres sont très régulières et nettement dessinées; à la périphérie, les dernières lames sont fortement serrées les unes contre les autres.

Dé même que chez le foetus de 15 cm. 5, nous notons, entre les lames, la présence d'un réseau de délicates fibrilles élastiques.

Les fibres musculaires sont nettes.

La substance collagène est peu abondante, mais sa présence est indéniable entre les lames élastiques et les fibres musculaires. Des figures de cinèse se montrent dans les différentes zones de la tunique moyenne, ainsi que quelques cellules migratrices. L'adven-

tice est très dense et possède de nombreux vasa vasorum. Quelques fines fibres élastiques longitudinales ou obliques occupent la zone immédiatement adjacente à la média.

Aorte thoracique descendante (foetus de 22 centimètres).

L'endothélium ne présente rien de spécial.

A cette époque, l'endartère est déjà manifeste, quoique très faible. Elle est représentée par quelques cellules et par de petites formations élastiques qui lui appartiennent en propre.

La limitante élastique interne a l'aspect d'une grosse lame onduleuse, cependant elle est très hétérogène. En effet, des coupes obliques la montrent constituée de fibres élastiques longitudinales presque jointives les unes des autres et soudées entre elles par une substance unissante.

Cette membrane limitante est assez fréquemment doublée sur sa face externe par une couche de fibres formant une lame assez forte qui s'étend sur de larges espaces.

Les lames élastiques de la média sont très nettes; elles présentent dans les parties externes une disposition plus serrée. D'ailleurs, la texture générale reste la même que dans le stade précédent, seul le collagène a une abondance plus grande dans la tunique moyenne, particulièrement dans la zone la plus rapprochée de la limitante interne.

Des cinèses sont visibles, mais elles sont souvent difficiles à identifier, en raison du laminage des cellules entre les fortes lames élastiques.

L'adventice est purement fibreuse.

En somme, dès cette époque, abstraction faite des dimensions totales et des dimensions respectives des éléments, l'aorte a acquis sa structure définitive. L'endartère se complètera, le nombre des lames augmentera, le nombre des cellules également, mais déjà le vaisseau est constitué dans son type essentiel.

Aorte abdominale (foetus de 26 millimètres).

La coupe passe dans la partie tout inférieure du thorax de l'embryon, mais elle intéresse les organes abdominaux, notamment

l'estomac, l'épiploon gastro-splénique et la rate. Le foie est intéressé pour une très grande partie, de même que le diaphragme; en dehors de ce muscle, le sinus costo-diaphragmatique est très net.

L'aorte occupe sa place normale en avant du corps vertébral, à peine rattachée par de fins tractus à la région postérieure de l'ébauche hépatique.

L'endothélium n'a pas de caractères particuliers.

Il n'apparaît aucune trace d'endartère ni de limitante interne.

La média est constituée par des cellules arrondies ou polyédriques disposées sur une assez grande épaisseur. Le tissu élastique forme, dans la région moyenne de cette tunique, une ligne continue à trajet irrégulier ou un feutrage assez dense; celui-ci va en s'atténuant du côté de l'endothélium et disparaît en s'en approchant. Du côté de l'adventice, les fibres élastiques s'atténuent également.

L'adventice est formée de cloisons fibreuses mélangées à des cellules aplaties; elle possède quelques rares fibres élastiques.

Aorte abdominale (foetus de 40 millimètres).

La coupe passe au niveau du fond de l'estomac, montrant l'ébauche des muscles gastriques. Elle intéresse une partie de la rate et le diverticule de l'épiploon gastro-splénique.

Les colorations à l'hématéine-éosine et à l'hématéine picroponceau donnent à peu près le même aspect que pour l'aorte thoracique.

Pas de trace d'endartère.

Au-dessus de l'endothélium, la limitante élastique interne ne se distingue pas spécialement des autres lames. Celles-ci, au nombre de 18 à 20, onduleuses et concentriques, sont réparties régulièrement dans l'épaisseur de la média.

On ne peut déceler aucune trace nette de fibres musculaires dans cette tunique, cependant les muscles gastriques sont presque spécifiquement colorés.

L'adventice paraît plus solide et plus fibreuse que dans l'aorte thoracique; elle est presque dépourvue de fibres élastiques.

Aorte abdominale (fœtus de 46 millimètres).

La coupe passe au niveau de l'œsophage abdominal. L'aorte est en position nettement postérieure dans le méso-œsophagien postérieur; elle apparaît parfaitement ronde.

Le diaphragme se termine sur les côtés de l'œsophage et le foie est encore collé à ce muscle du côté droit. Les culs-de-sac costo-diaphragmatiques contiennent encore une languette pulmonaire.

L'endothélium est net. Pas d'endartère visible.

La limitante élastique interne est nettement marquée sur la plus grande partie du pourtour en une ligne très finement festonnée. Elle apparaît presque partout comme une lame continue, cependant elle est fibrillaire en certains points.

La média est dense et sa charpente élastique est constituée par 32 à 38 lames environ. Dans le quart interne, elles sont irrégulières et écartées, puis elles deviennent régulières et de plus en plus serrées les unes contre les autres jusqu'à l'adventice. Entre ces lames, les cellules apparaissent avec les mêmes caractères que dans l'aorte thoracique au même stade : noyaux arrondis ou ovaires dans les couches interne et externe, plus allongés et boudinés dans la zone moyenne. La teinte générale de la média, soit avec l'éosine, soit avec le picro-ponceau, se rapproche de la teinte des couches musculaires voisines.

L'adventice est lâche, mais assez précise et sur une assez grande épaisseur. Les formations élastiques y sont très discrètes, mais elles existent cependant, alors qu'elles sont totalement absentes dans le tissu conjonctif avoisinant.

Vasa vasorum.

Aorte abdominale (fœtus de 7 cm. 5).

La figure d'ensemble est sensiblement la même que celle de l'aorte thoracique, mais l'adventice est plus forte. La limitante élastique interne est plus épaisse et peut-être un peu moins régulière.

Dans la média, le nombre des lames élastiques ne dépasse pas

20 à 25, et, comme c'est d'ailleurs la règle dans les aortes abdominales, elles offrent moins de régularité dans leur disposition.

L'adventice ne présente rien de particulier à signaler.

Aorte abdominale (fœtus de 15 cm. 5).

L'aorte est un vaisseau à lumière volumineuse par rapport à l'épaisseur de sa paroi.

L'endothélium est régulier sur toute son étendue et repose presque directement sur la limitante élastique interne. Cependant, de place en place, entre l'endothélium et la limitante, on note l'existence de quelques noyaux, dont les cellules doivent représenter le rudiment de l'endartère.

La limitante élastique interne est forte et onduleuse, régulière sur tout le pourtour, elle présente cependant en quelques endroits de petites zones de dédoublement.

La charpente élastique de la média est constituée par une série de lames, au nombre de 38 à 40, disposées très régulièrement en ordre concentrique.

Dans la zone immédiatement adjacente à la limitante élastique interne, sur l'épaisseur de deux ou trois couches, ces lames sont incomplètes, fibrillaires et très minces.

A la périphérie de la média, les 5 ou 6 dernières lames sont très fortement tassées les unes contre les autres, et, de ce fait, les espaces qui les séparent sont très réduits. Un examen attentif de la partie moyenne de cette tunique nous permet de déceler la présence entre les lames de très fines fibrilles élastiques.

Les formations collagènes, fines et délicates, sont déjà nettement amorcées, il existe même dans l'épaisseur de la tunique quelques plans fibreux peu développés mais très nets.

On ne peut douter, à ce stade, que les cellules de la zone moyenne soient déjà musculaires.

Dans toute l'épaisseur de la média, nous ne pouvons noter que de rares figures de cinèse.

L'adventice est fibreuse et forte; elle est directement appliquée sur la tunique sous-jacente, sans trace de limitante élastique externe, et présente des vasa vasorum assez volumineux. Ses formations élastiques restent discrètes.

Aorte abdominale (fœtus de 22 centimètres).

La texture de l'aorte abdominale n'offre rien de particulier à signaler, si ce n'est la structure fibrillaire encore plus nette de la limitante élastique interne.

Les formations élastiques de l'adventice sont assez nombreuses, mais excessivement fines. Elles se présentent sous forme de fibres à direction généralement longitudinale. D'ailleurs, l'élément élastique est peu important en regard des formations fibreuses collagènes.

Artères pulmonaires.

Les quelques artères observées aux différents stades se rapprochent suffisamment de la structure des aortes thoraciques correspondantes pour ne pas justifier une description spéciale.

Carotide primitive (fœtus de 21 millimètres).

Les carotides sont situées juste en arrière des bords latéraux du cartilage thyroïde. Elles sont presque au contact d'ébauches ganglionnaires sympathiques et les différents dérivés branchiaux du cou sont également à leur voisinage.

L'endothélium est très net.

La tunique moyenne apparaît sous la forme de deux ou trois assises de cellules assez serrées, en dehors desquelles existe une couche mésenchymateuse lâche.

Par la fuchsine ferrique, on décèle la présence de deux ou trois couches de fibres élastiques à direction annulaire. La plus rapprochée de l'endothélium représente certainement la limitante élastique interne; notons qu'elle est irrégulière et discontinue.

En somme, il y a déjà à ce stade un petit réseau élastique qui occupe toute l'épaisseur de la média. Quant aux cellules musculaires, il est difficile d'affirmer leur présence, il est d'ailleurs peu probable qu'elles existent.

Pas de formations élastiques dans l'adventice.

Carotide primitive (foetus de 26 millimètres).

La coupe passe au niveau de la portion initiale de la trachée. On reconnaît le groupement caractéristique : carotide-jugulaire-sympathique.

Les tuniques du vaisseau sont déjà très précises.

L'endothélium apparaît continu et régulier. La limitante élastique interne est nette sur presque tout le pourtour, mais elle est encore délicate et se montre fibrillaire sur un assez grand nombre de points.

La tunique moyenne est à la fois cellulaire, élastique et collagène.

Dans son épaisseur, les noyaux sont encore ronds ou un peu irréguliers et on ne trouve pas, à ce stade, de noyaux musculaires précis. La substance collagène est assez abondante. Quant aux lames élastiques, elles sont nettement ébauchées et constituées par divers plans de fibres, plus serrées mais plus délicates à la périphérie.

La rétraction de ce tissu a séparé nettement la média de l'adventice; celle-ci est formée de lamelles collagènes concentriques assez lâches, sans aucune formation élastique.

Carotide primitive (foetus de 40 millimètres).

La coupe passe assez haut, au niveau des cordes vocales.

L'endothélium ne présente rien de particulier.

La limitante élastique interne est très nette et plissée; en certains points elle est manifestement fibrillaire.

La média possède 7 ou 8 lames élastiques, entre lesquelles on découvre d'assez nombreuses cellules, dont aucune n'a de caractère musculaire précis.

L'adventice collagène et lamellaire ne présente que de très rares fibres élastiques.

Carotide primitive (foetus de 6 cm. 2).

La coupe, un peu oblique, passe d'un côté au niveau d'une bifurcation carotidienne, et de l'autre au niveau de la carotide primitive.

La lumière du vaisseau est large par rapport à l'épaisseur de la média.

La limitante élastique interne est faible et délicate.

La tunique moyenne est constituée par 4 ou 5 couches de cellules dont les noyaux sont allongés dans le sens tangentiel. Ces cellules ont déjà le type musculaire, et de minces lamelles collagènes les séparent. Le réseau élastique de la média est faible; il comprend seulement trois ou quatre minces lames.

L'adventice, très épaisse mais très lâche, est constituée uniquement de lames collagènes et de quelques cellules.

Canal artériel (foetus de 46 millimètres).

L'une des coupes intéresse à la fois l'aorte peu après sa sortie du cœur, l'artère pulmonaire au niveau des sigmoïdes, le tronc de l'artère pulmonaire et le canal artériel qui lui fait suite. Celui-ci débouche à plein canal dans l'aorte thoracique descendante, située sur le bord gauche de l'œsophage. La structure du canal artériel est, au total, la même que celle du tronc de la pulmonaire, sauf que les lames élastiques paraissent moins nombreuses, moins fortes et plus fibrillaires, comme il convient à un vaisseau dont le diamètre est manifestement plus faible. Cette raréfaction du tissu élastique est particulièrement nette dans la zone interne de la média, au voisinage de la limitante interne.

L'aorte descendante, qui fait suite au canal artériel, a une organisation d'artère élastique beaucoup plus typique et plus régulièrement lamellaire.

Branches de subdivision de l'artère pulmonaire (Dans le poumon, à peu de distance du hile. — Foetus de 21, 40 et 95 millimètres).

Ces artères, de très faible calibre, ont, chez l'adulte, le type élastique ou, pour le moins, un type de transition. Leur développement se rapproche beaucoup de celui des artères élastiques. Au stade de 21 millimètres, les tuniques sont nettes, les formations élastiques sont réduites à une fine armature de fibres qui occupe la zone externe de la média.

Au stade de 40 millimètres, il n'y a aucune trace de lame limitante

élastique interne, bien que celles de l'aorte et de la pulmonaire soient déjà nettement indiquées.

Au stade de 95 millimètres, la lame limitante élastique interne est nette et on peut compter huit ou neuf lames élastiques dans l'épaisseur de la média.

2° RÉSUMÉ SYNTHÉTIQUE DU DÉVELOPPEMENT DES ARTÈRES DU TYPE ÉLASTIQUE.

Dans les stades examinés, nous n'assistons pas à la délimitation des trois tuniques, qui doit être excessivement précoce, puisqu'elle est parfaitement nette au stade de 21 millimètres, c'est-à-dire antérieure au cinquantième jour de la vie intra-utérine. A cette époque, l'aorte ou la pulmonaire comprennent déjà :

- Une intima constituée par le seul endothélium;
- Une média, condensation mésenchymateuse avec formations collagènes et feutrage élastique, avec tendance à la disposition lamellaire;
- Une adventice mésenchymateuse, collagène et cellulaire, avec peu ou pas de fibres élastiques.

Il manque à ces vaisseaux, dont les tuniques sont nettement délimitées : une endartère, une lame limitante élastique interne, des lames élastiques régulières, des fibres musculaires. La différenciation de ces parties se fait dans les stades ultérieurs.

L'endartère n'apparaît qu'à partir du stade de 16 cm. 2, et à l'état d'ébauche très vague de quelques cellules sous-endothéliales. Elle s'affirme pourtant au stade de 22 centimètres sous forme d'une couche discontinue de fibres élastiques en dedans de la limitante élastique interne et de cellules un peu plus nombreuses. C'est déjà le sixième mois intra-utérin. On voit donc que ce n'est guère que vers la naissance que cette tunique prend ses caractères et sa constitution à peu près définitive.

La membrane élastique interne n'existe pas dans le stade de 21 millimètres, si ce n'est dans la carotide primitive, où elle est juste indiquée et irrégulière. Elle s'ébauche, sous la forme d'une couche discontinue de fibres longitudinales, au stade de 26 millimètres, c'est-à-dire vers la fin du deuxième mois. Elle est déjà très nette, mais discontinue, au stade de 40 millimètres. A partir de ce moment, elle est plus forte que les lames élastiques de la média et renforcée en certains points par des dédoublements locaux. Même au stade de 22 centimètres, elle a encore une structure nettement fibrillaire. Son apparition est un peu plus tardive dans l'aorte abdominale que dans l'aorte thoracique, mais elle s'affirme déjà nettement au stade de 40 millimètres.

La média est ébauchée, en tant que membrane mésenchymateuse dense, dès le stade de 21 millimètres; déjà apparaissent des traces précises de substance collagène et de formations élastiques.

Au contraire de ce qui se passe dans les artères musculaires, ces formations élastiques de la média précèdent la limitante élastique interne. Elles forment d'abord un feutrage en réseau lâche de fibres à direction variée avec tendance à l'orientation en lames dans la zone externe. Au stade de 26 millimètres on trouve déjà l'aspect lamellaire (12 à 14 lames fines et renforcées de fibres). A 40 millimètres on trouve 18 à 24 lames superposées plus épaisses que précédemment. Leur nombre ne cesse de croître en même temps que leur épaisseur, et, peu à peu elles prennent l'aspect, en coupe transversale, de lames homogènes, discontinues sans doute, mais à double contour. On en compte environ 50 au stade de 16 cm. 2 qui correspond à peu près à la moitié du cinquième mois; ces lames sont encore fines, très onduleuses, homogènes et régulièrement stratifiées. A partir de ce moment elles se renforcent par de fines fibres élastiques mélangées au collagène des logettes interlamellaires. La structure de l'adulte est déjà réalisée, même dans ses détails, à l'épaisseur et à la force de la paroi près.

Les formations musculaires de la média apparaissent plus

tardivement que les formations élastiques. Il faut arriver jusqu'au stade de 75 millimètres; à la fin du troisième mois au moins, pour trouver des noyaux cellulaires de type musculaire certain, bien que, au stade de 46 millimètres, la forme ovoïde de certains noyaux de la zone moyenne de la média paraisse indiquer un début de différenciation des cellules musculaires lisses.

Trois détails sont encore à noter dans la média :

1° L'irrégularité et la faiblesse des lames élastiques dans la zone immédiatement adjacente à la membrane limitante élastique interne; on retrouve ce même caractère chez l'adulte; il ne s'agit pas là d'une zone spéciale de croissance, mais d'une zone toujours irrégulière dans sa structure.

2° L'aspect dense et serré des lames élastiques dans la zone externe de la média, avec des fusées collagènes très obliques qui interrompent, par endroits, les lames élastiques; c'est encore une structure qui se retrouve chez l'adulte.

3° La présence de divisions cellulaires assez nombreuses dans l'épaisseur de la tunique moyenne, qui prouve qu'il y a là un processus de croissance interstitielle par augmentation du nombre des cellules, d'où résultent à la fois l'épaississement et l'allongement de la média, pour satisfaire aux conséquences de l'épaississement et de l'allongement de la paroi vasculaire tout entière.

L'adventice, très précocement reconnaissable avant le stade de 21 millimètres, est d'emblée lamelleuse, à disposition concentrique. Les fibres collagènes, surtout longitudinales, apparaissent de très bonne heure, s'accroissent et se multiplient rapidement, tandis que les formations élastiques ne sont représentées que par de très rares fibres aux stades de 26 et 40 millimètres. Cette structure correspond à celle de l'adulte : adventice presque purement fibreuse, avec de rares éléments élastiques.

Les vasa vasorum sont d'apparition relativement précoce; ils sont déjà nombreux au stade de 16 cm. 2, c'est-à-dire vers le milieu du cinquième mois.

On peut dire qu'à partir du cinquième mois, le vaisseau est déjà constitué sur son type définitif et même que, dès le stade de 7 cm. 5, à la fin du troisième mois, il possède déjà ses caractères essentiels. Ajoutons qu'on peut dès le stade de 21 millimètres le reconnaître comme un futur vaisseau du type élastique, en raison de la formation de l'armature élastique de la média, qui précède l'apparition de la membrane limitante élastique interne.

Ce dernier caractère se retrouve dans les ébauches de petits vaisseaux du type élastique : les premières branches de subdivision des artères pulmonaires, à l'intérieur des poumons.

B. — ARTERES DU TYPE MUSCULAIRE

Dans ce groupe rentre un grand nombre d'artères de l'organisme. Cette étude s'est limitée à un certain nombre d'entre elles : carotides externe ou interne, fémorale, humérale, tibiales antérieure et postérieure, radiale et cubitale. Cependant, un assez grand nombre de petites artères intermusculaires, intramusculaires, quelques artères de troncs nerveux, des artères thyroïdiennes, ont été examinées au hasard des coupes et ont fourni quelques indications sur l'apparition des membranes limitantes élastiques.

On doit remarquer que, chez l'adulte, les gros troncs : carotides, humérale, fémorale, qui font immédiatement suite aux artères de transition, possèdent encore des formations élastiques fibrillaires notables dans leur tunique moyenne, au contraire de vaisseaux plus petits, radiale, cubitale, etc., qui en sont à peu près dépourvus. On trouvera déjà l'indication de ces différences de structure de détail chez des fœtus de 10 à 20 centimètres. De plus, on doit tenir compte pour l'appréciation des faits que certains vaisseaux, tels que la fémorale, la radiale et la cubitale sont de formation tardive, précédés dans l'ébauche du membre par des vaisseaux comme l'ischiatique et l'interosseuse primitivement plus importants et secondairement moins importants au point de vue fonctionnel.

1° OBSERVATIONS ANALYTIQUES.

Carotide interne (fœtus de 8 centimètres).

La coupe passe au-dessus de la bifurcation des carotides. La lumière du vaisseau est très large par rapport à l'épaisseur des tuniques.

La limitante élastique interne est très précise, continue et onduleuse sur tout le pourtour de l'artère.

La média apparaît relativement mince. Elle est constituée par trois ou quatre couches de fibres musculaires séparées par de la substance collagène; dans l'intervalle de ces couches s'étendent de délicates fibres élastiques à direction générale annulaire. Pas de limitante élastique externe.

L'adventice est relativement peu considérable; elle est séparée des organes voisins par des espaces lymphatiques; on n'y décèle aucune formation élastique.

Carotides interne et externe (fœtus de 16 cm. 2).

La coupe passe au niveau de la bifurcation. En dehors de l'endothélium, quelques cellules représentent une légère ébauche d'endartère; cependant, sur un des côtés du vaisseau qui correspond à l'une des branches de bifurcation, l'endartère semble exister de façon plus précise, avec déjà quelques formations élastiques surajoutées.

La limitante élastique interne est constituée par une lame épaisse très festonnée.

La média possède de nombreuses cellules musculaires à noyau très allongé, mais peu de tissu collagène. Sa charpente élastique est formée d'une série de lames peu précises et presque effritées à la partie interne de cette tunique, solides et serrées à la partie moyenne, tassées, mais plus délicates à la périphérie.

Pas de limitante élastique externe.

Dans l'adventice, les fibres élastiques se prolongent en faible quantité au milieu d'un tissu fibreux dense.

Carotide interne (foetus de 22 centimètres).

Entre l'endothélium et la limitante élastique interne, l'endartère nettement ébauchée possède des formations élastiques notables. Celles-ci sont constituées par une couche presque continue de fibres nettement séparées de la limitante en certains points. Par endroits il y a deux couches de ces fibres. La tunique moyenne a déjà atteint son type définitif avec un mélange de tissu fibreux, de fibres musculaires et de fibres élastiques en disposition concentrique.

Peu de signes de multiplication sont nettement visibles, d'autant plus que la déformation des noyaux entre les formations élastiques rend la reconnaissance difficile.

L'adventice est épaisse et remplie de vasa vasorum. Elle est fortement chargée en fibres élastiques à disposition longitudinale, mais on n'identifie pas de limitante élastique externe.

Fémorale (foetus de 6 cm. 2).

Le vaisseau qui représente la fémorale fait partie d'un petit paquet vasculaire sanguin et lymphatique situé dans un interstice musculaire presque au contact du fémur. L'endothélium n'offre rien de spécial à signaler.

On peut noter l'existence d'une limitante élastique interne fibrillaire, juste ébauchée sur tout le pourtour du vaisseau. La média est très dense mais très mince. Elle est formée de cellules à noyaux arrondis et de substance collagène. Des fibres élastiques délicates dont quelques-unes partent de la limitante forment quelques mailles autour des cellules.

L'adventice est à peine représentée par quelques cellules.

Fémorale (foetus de 7 cm. 5).

La figure est sensiblement la même qu'au stade précédent. La limitante élastique interne est fibrillaire.

Les formations élastiques de la média sont un peu plus abondantes mais toujours discrètes.

L'adventice s'est développée et l'on note quelques rares fibres élastiques entre les fibres collagènes.

Fémorale (foetus de 12 cm. 5).

L'artère fémorale est représentée par un vaisseau à lumière assez large et à média relativement peu épaisse.

La limitante interne est nette et déjà forte.

Les fibres élastiques, peu nombreuses dans l'épaisseur de la tunique moyenne, sont groupées à l'extérieur de celle-ci en une limitante externe très précise.

Fémorale (foetus de 15 cm. 5).

La fémorale, assez superficielle, vient de se diviser en deux vaisseaux d'à peu près égale importance.

La lumière est très vaste par rapport à la média qui est relativement mince.

En dehors de l'endothélium, pas d'endartère visible.

La limitante élastique interne apparaît nette et continue.

La média est composée de deux ou trois couches de fibres musculaires entre lesquelles circulent quelques fibres élastiques concentriques.

La limitante externe est encore fine mais très précise.

L'adventice est épaisse. Délicate au contact de la média, elle devient plus dense à la périphérie où elle possède des lames collagènes assez fortes. En aucun point on n'y découvre des fibres élastiques.

Fémorale (foetus de 16 cm. 2).

L'aspect général est sensiblement le même que chez le foetus précédent.

La média ne possède guère plus de trois couches musculaires. Notons à sa périphérie la présence de noyaux de cellules immigrées, cellules rondes mobiles du tissu conjonctif. La limitante externe s'est encore un peu précisée.

L'adventice est très importante; elle possède un assez grand

nombre de fibres élastiques très fines disposées longitudinalement et plus denses à la périphérie.

A ce stade, les deux veines satellites n'ont pas de limitante élastique nette, mais leur tunique est pourvue d'un grand nombre de fibres élastiques délicates presque toutes longitudinales.

Fémorale (foetus de 22 centimètres).

Le vaisseau a été prélevé dans le triangle de Scarpa. En dehors de l'endothélium on ne découvre pas trace d'endartère. La limitante élastique interne est bien dessinée.

La tunique moyenne est pourvue d'un réseau élastique abondant mais délicat, avec des cellules musculaires interposées et un assez grand nombre de formations fibreuses collagènes. La limitante élastique externe est relativement nette.

L'adventice est fibreuse et forte avec des formations élastiques longitudinales.

Humérale (foetus de 15 cm. 5).

L'endothélium est épais, à noyaux relativement serrés. La limitante élastique interne est onduleuse et très marquée. La média présente environ trois couches de fibres musculaires dont les noyaux sont, les uns très caractéristiques et les autres seulement ovalaires très allongés. La différenciation musculaire est donc encore très incomplète.

Dans toute la paroi nous ne trouvons pas de figure de cinèse. Des formations élastiques, très délicates mais assez nombreuses occupent l'épaisseur de la média et principalement sa zone externe.

La limitante élastique externe est bien dessinée.

L'adventice, beaucoup plus épaissie que la média, est fibreuse et plus dense dans sa portion périphérique.

Dans le reste de la coupe, l'élément élastique n'est représenté que dans le périoste sous forme de minces fibres longitudinales.

Humérale (foetus de 16 cm. 2).

La structure est identique. Nous notons, comme dans la fémorale du même sujet, la présence, dans la zone la plus externe de

la média, de cellules rondes mobiles du tissu conjonctif dont quelques-unes ébauchent déjà leur différenciation en fibres musculaires. Il y a là une zone de croissance spéciale. Cette préparation montre en outre la formation précoce des fibres en feston ou en guirlande, décrites par Bonnet et Rothfeld, qui se détachent de la limitante élastique interne et y reviennent par un trajet récurrent ou forment des arceaux élastiques délicats entre cette limitante et les fibres élastiques de la média.

Humérale (foetus de 22 centimètres).

L'endothélium s'est manifestement aminci et ses noyaux sont plus espacés.

La limitante élastique interne forme une membrane à double contour très net.

La média possède 6 à 7 couches musculaires, plus denses dans la zone interne et plus lâches à la périphérie; elles sont formées de fibres déjà nettement reconnaissables à l'hématéine-éosine. On ne voit pas de figure de cinèse.

Toute l'épaisseur de la tunique moyenne est occupée par des formations élastiques à direction généralement annulaire. Dans la zone interne ces fibres sont délicates et abondantes, dans l'externe elles sont plus espacées et occupent tous les espaces entre les fibres musculaires.

En dehors de la média, la limitante élastique externe dessine une ligne précise et presque continue.

L'adventice est fortement fibreuse, néanmoins, elle possède des formations élastiques importantes : une couche interne de fibres longitudinales, une couche externe de fibres discrètes et minces.

Tibiale antérieure (foetus de 6 cm. 2).

Le calibre de cette artère est volumineux par rapport à l'épaisseur de la paroi.

Les cellules endothéliales sont épaisses et la limitante élastique interne est juste indiquée par endroits.

La média est formée par une couche dense mais de faible épais-

seur où l'on trouve des cellules à noyau rond. Quelques cellules à noyau déjà plus allongé se montrent de-ci de-là. L'élément élastique est représenté par un petit nombre de fibres délicates qui serpentent dans la tunique.

L'adventice excessivement mince et délicate possède quelques fibres élastiques.

Tibiale postérieure (même sujet).

Elle est formée à ce niveau de deux branches qui ont une structure analogue à celle de la tibiale antérieure avec cette particularité que l'adventice est d'une faiblesse extrême.

Tibiales antérieure et postérieure (foetus de 7 cm. 5).

La structure générale reste la même.

En de nombreux points la limitante élastique interne est discontinue. Malgré la densité de la média on ne saurait affirmer qu'il existe de véritables fibres musculaires. Cependant, les noyaux allongés dans le sens annulaire de certaines cellules laissent supposer que la différenciation des fibres lisses est déjà notable. Dans toute l'épaisseur de la tunique moyenne, le nombre et l'importance des formations élastiques a augmenté, mais au dehors, la limitante externe n'est pas nettement indiquée. L'adventice, toujours très mince, est nettement fibreuse et ses éléments s'orientent en strates annulaires.

Tibiale postérieure (foetus de 9 cm. 3).

La limitante élastique interne est précise et nette sous la forme d'une lame continue.

La tunique moyenne est peu épaisse et les formations élastiques y sont rares.

La limitante externe est nette et fibrillaire sur tout le pourtour de l'artère.

Enfin l'adventice s'est notablement épaissie.

Tibiale postérieure (foetus de 15 cm. 5).

La lumière est très large par rapport à l'épaisseur de la média. L'endothélium, quoique aplati, est relativement épais et la limitante élastique interne très régulière, sans ondulations, se montre formée de fibres longitudinales.

La média possède deux ou trois couches de cellules musculaires à noyau très allongé, quelques uns déjà en bâtonnets. De petites cloisons collagènes séparent les différentes fibres musculaires. Dans la tunique moyenne les formations élastiques ne sont pas très nombreuses; par contre, la limitante externe est parfaitement nette.

Dans l'adventice déjà très fibreuse se distinguent des fibres élastiques nombreuses et délicates.

Tibiale antérieure (même sujet).

Cette artère présente une ébauche très précise de ses deux limitantes.

Nous n'avons pu découvrir de figure de cinèse dans les parois de ces vaisseaux.

Tibiales antérieure et postérieure (foetus de 16 cm. 2).

Les deux limitantes sont très précises, tandis que les veines voisines n'ont dans toute l'épaisseur de leur paroi que des formations élastiques diffuses. Dans la média, les noyaux musculaires sont très allongés.

Nous ne trouvons, là encore, pas de trace de cinèse.

Radiale et cubitale (foetus de 6 cm. 2).

Leur structure et leur état de développement étant strictement analogues, une même description suffira.

La lumière du vaisseau apparaît très large par rapport à l'épaisseur de la paroi.

L'endothélium surtout se distingue nettement. Accolée à lui, on note la première ébauche de la limitante élastique interne sous forme d'une ligne très fine, discontinue, à peine visible par endroits.

En dehors, une zone mince constituée de cellules ovoïdes ou arrondies, plus dense que le reste des tissus, représente la média. Dans son épaisseur, quelques fibres délicates et rares partant de la limitante s'ordonnent en direction annulaire ou oblique. Entourant cette tunique, l'adventice est une couche plus lâche, encore très mince, dans laquelle apparaissent déjà des lamelles collagènes, sans fibres élastiques.

Radiale et cubitale (fœtus de 9 cm. 3).

La structure générale reste la même.

La limitante élastique interne nettement affirmée est régulière et continue.

La média, un peu épaissie, possède quelques fibres élastiques minces et concentriques.

Notons l'apparition, à ce stade, de la limitante élastique externe formée de fibres annulaires et qui dessine au total une ligne sans interruption.

L'adventice, légèrement plus épaisse, ne montre encore aucune trace de formations élastiques.

Radiale et cubitale (fœtus de 15 cm. 5).

Il semble que ces artères aient été fixées distendues; elles sont d'ailleurs remplies de sang et de pigment hématique. Nous notons toujours la disproportion considérable entre la lumière très large et les tuniques artérielles très minces. Les cellules de l'endothélium sont relativement épaisses. La limitante élastique interne est bien marquée, mais elle est nettement fibrillaire et, en certains points, discontinue. La média est formée de trois couches de fibres musculaires. La forme variable de leurs noyaux allant de l'ovoïde au bâtonnet montre les divers degrés de la différenciation.

Entre les fibres musculaires, quelques fibres élastiques discrètes s'étalent en une ou deux couches.

La limitante élastique externe faite de fibres à directions variées apparaît même à l'immersion comme une ligne presque continue. L'adventice est très nettement fibreuse, à plans annulaires, avec quelques fibres élastiques rares et délicates.

Radiale et cubitale (fœtus de 16 cm. 2).

La structure reste la même qu'au stade précédent.

Cubitale (fœtus de 22 centimètres).

L'artère est revenue sur elle-même. Elle présente nettement l'aspect général réduit d'un vaisseau adulte. L'endothélium très aplati est fortement plissé par la rétraction. En dehors de lui, la limitante élastique interne épaisse et fortement onduleuse présente un double contour bien dessiné. La média offre à considérer 8 à 12 couches de cellules musculaires avec des noyaux boudinés et trapus vers l'intérieur de la tunique, et des noyaux très allongés, en bâtonnets, vers la périphérie. Certains d'entre eux, nettement ovoïdes, montrent que la différenciation musculaire est loin d'être achevée. Les formations élastiques, sous formes de fibres délicates et fines reléguées dans la zone la plus externe de la média, sont excessivement discrètes.

La limitante élastique externe est très nette.

L'adventice enfin n'a plus une forme franchement lamelleuse comme dans les artères précédemment étudiées. La partie adjacente à la limitante externe est presque dépourvue de fibres élastiques tandis que la zone externe possède un feutrage à direction majeure longitudinale constitué de fibres élastiques nombreuses et ténues.

Radiale (fœtus de 22 centimètres).

Au point de vue des formations élastiques, la description de la cubitale se rapporte intégralement à la radiale. Seule, la zone interne de l'adventice, généralement dépourvue de fibres élastiques, est ici un peu moins nette.

Dans cette artère nous avons recherché particulièrement le mode de croissance de la média : cinèses, cellules préexistantes ou immigration d'éléments nouveaux.

Or, il est certain que les cellules musculaires lisses, lorsqu'elles sont nettement reconnaissables comme telles, sont incapables de se diviser. Par ailleurs, le nombre des cellules conjonctives persistant dans l'épaisseur de la média est excessivement faible, et enfin, on ne constate pas dans sa paroi de figure de cinèse.

Par contre, on trouve parfois, interposés entre deux cellules musculaires, des noyaux de forme variable que nous estimons appartenir à des cellules en migration.

Comme il est certain que la média n'augmente pas d'épaisseur par l'adjonction de couches externes puisqu'elle est parfaitement enclose par sa limitante qui ne varie que pour devenir plus forte, il n'est pas douteux que la croissance de cette tunique soit interstitielle.

Le nombre des cellules augmente bien plus par l'apport lent et continu des cellules immigrées que par la division des cellules préexistantes.

Ce phénomène s'oppose à celui de l'accroissement interstitiel par multiplication cellulaire, observé dans les gros vaisseaux élastiques. On doit toutefois reconnaître que, dans ces derniers, la persistance de cellules mésenchymateuses non différenciées se prête beaucoup plus à un accroissement par cinèse que dans les autres média où toutes les cellules mésenchymateuses prennent immédiatement, à partir d'un certain stade, le type musculaire.

Artère thyroïdienne (foetus de 6 cm. 2).

On note, à ce stade, la différenciation nette de la média et de l'adventice et surtout l'ébauche d'une lame élastique interne déjà très précise.

Petites artères.:

Fœtus de 8 centimètres : Une toute petite artère a déjà sa limitante interne très bien indiquée.

Fœtus de 9 cm. 3 : Dans la jambe, une artère interosseuse montre l'ébauche de ses formations élastiques.

Fœtus de 15 cm. 5 : Sur la coupe transversale du bras, toutes les artères, même celles de très petit calibre, ont leur limitante interne précise et fibrillaire, et leur limitante externe est au moins ébauchée. Rien de pareil dans les veines où les éléments élastiques sont représentés par des fibres longitudinales parfois nombreuses mais toujours fines dans l'épaisseur de la média.

Fœtus de 16 cm. 2 : Les artères musculaires de la jambe ont leurs deux limitantes très précises.

Les artères musculaires du bras ont également leurs deux limitantes très nettes. Une petite artère, au centre du nerf radial, montre une ébauche délicate mais déjà précise de la limitante élastique interne. A l'immersion, on découvre des traces de la limitante externe, sous forme de très fines fibres élastiques.

Fœtus de 22 centimètres : Sur la coupe transversale de la cuisse, beaucoup de petites artères inter ou intramusculaires sont déjà pourvues de leurs deux limitantes, interne et externe, d'ailleurs nettement fibrillaires.

Dans le bras, les petites artères ont nettement le plan des artères musculaires, leur limitante élastique interne, fibrillaire et délicate est très précise; leur limitante externe, quoique bien visible, est un peu moins nette.

Les adventices sont déjà nettement fibreuses et élastiques.

Dans le reste de la coupe, on note l'apparition de quelques fibres élastiques dans le tissu conjonctif intervasculaire ou intermusculaire.

2° RÉSUMÉ SYNTHÉTIQUE DU DÉVELOPPEMENT DES ARTÈRES DU TYPE MUSCULAIRE.

Une différence fondamentale entre les artères élastiques et les artères musculaires réside dans le mode d'apparition des formations élastiques.

Dans les premières, un réseau lâche se forme d'abord dans l'épaisseur de la média et s'organise progressivement en lamelles et en lames régulières. La limitante élastique interne est de formation secondaire et il n'y a pas de limitante élastique externe.

Dans les secondes, au contraire, l'apparition précoce de la limitante élastique interne, suivie très rapidement de l'ébauche de la limitante élastique externe, permet de reconnaître d'emblée une artère du type musculaire.

Au point de vue du développement général, le processus est le même pour tous les vaisseaux.

Ils sont d'abord purement endothéliaux, puis le mésenchyme se condense et s'ordonne autour du tube endothélial, de façon à faire une paroi primaire. Dans cette paroi, se délimitent deux zones : l'une interne, dense, peu épaisse et faite de cellules arrondies ou polyédriques avec quelques traces de collagène : c'est l'ébauche de la média; l'autre, de structure plus lâche et lamellaire, beaucoup plus épaisse, est l'ébauche de l'adventice.

Les trois tuniques sont dès lors délimitées et on assiste plus tard à la différenciation de leurs éléments.

Cette délimitation des tuniques se fait à des périodes très différentes suivant le vaisseau considéré. Elle est accomplie au stade de 6 cm. 2 pour les carotides, la fémorale, l'humérale, la radiale, la cubitale; elle est plus tardive pour les petites artères. On peut admettre que la délimitation des tuniques des artères du type musculaire se fait durant les troisième et quatrième mois.

Ceci posé, étudions successivement l'apparition des différents éléments de la paroi vasculaire.

L'intima est longtemps représentée par le simple endothélium, qui paraît assez épais. L'endartère ne commence à s'indiquer qu'à partir du stade de 16 centimètres dans les carotides interne et externe à leur origine; mais au stade de 22 centimètres, c'est-à-dire dans le cours du sixième mois, on trouve déjà des cellules de l'endartère, de rares formations collagènes et des fibres élastiques très nettes qui doublent sur sa face interne la limitante élastique interne.

La limitante élastique interne apparaît d'abord comme une couche discontinue de fibres longitudinales au stade de 6 cm. 2 (fémorale), et probablement plus tôt dans les carotides. Elle est déjà plus nette, mais toujours fibrillaire, dans la fémorale, la radiale et la cubitale au stade de 7 cm. 5 (début du quatrième mois). A 8 centimètres, elle est très nette et prend l'aspect d'une lame dans les carotides interne et externe. Elle est très facile à voir avec un aspect lamellaire dans les artères tibiale, radiale et cubitale au stade de 9 cm. 5, toujours au début du quatrième mois. Enfin elle s'affirme,

s'épaissit et prend nettement l'aspect d'une lame, plus ou moins festonnée, aux stades suivants (12 cm. 5, 15 cm. 5, 16 cm. 2 et 22 centimètres). Au stade de 22 centimètres, un très grand nombre d'artères musculaires et d'artères de petits troncs nerveux ont au moins leur limitante interne et une limitante externe, le plus souvent très bien indiquée; ceci vers le milieu du sixième mois.

La média est à envisager au point de vue de ses formations élastiques et musculaires. On sait que les premières sont peu abondantes, mais non négligeables dans les artères qui font suite aux artères élastiques ou plutôt aux artères du type de transition; elles s'atténuent d'ailleurs progressivement, au point d'être très faibles dans des artères comme la radiale, la cubitale, les tibiales.

Au stade de 6 cm. 2, il existe quelques fibres élastiques très fines, à direction annulaire, surtout dans la zone externe de la média, de la fémorale et de la tibiale; elles sont plus nettes dans la carotide interne au stade de 8 centimètres. Leur nombre augmente et elles sont plus fortes dans les stades de 15 cm. 5 (fémorale, humérale) et de 22 centimètres (radiale et cubitale); mais elles sont discrètes et toujours localisées à la zone externe. Dans la carotide interne, au voisinage de la bifurcation, elles prennent dans cette même zone un aspect lamellaire qui rappelle la structure de la carotide primitive.

Les cellules mésenchymateuses se différencient progressivement en fibres musculaires. On assiste à l'allongement des noyaux dans la carotide chez un fœtus de 8 centimètres et même dans la tibiale postérieure chez un de 6 cm. 2, mais on ne reconnaît de fibres musculaires lisses authentiques que dans les stades plus avancés : deux à trois couches dans la média de la fémorale et de l'humérale, de la radiale et de la cubitale, au stade de 15 cm. 5. Au stade de 22 centimètres, la fémorale a 7 couches de fibres musculaires, tandis que la radiale en a déjà de 8 à 12. Donc, dès cette période, milieu du sixième mois, on voit se dessiner ce phénomène caractéristique : renforcement et épaissement proportionnel et absolu plus fort dans les petites artères musculaires que dans

lès grosses, fait illustré dans la thèse d'Escudier (pl. III, fig. 5, 6, 7).

On sait que le collagène est toujours réduit à peu de chose dans la média des artères musculaires. Il apparaît dès la délimitation des tuniques et, par la suite, forme les cloisons pellucides qui séparent les fibres musculaires.

Un fait curieux est l'absence de divisions indirectes dans la média. Il est vrai qu'il s'agit d'une tunique toujours mince, à couches cellulaires peu nombreuses dans les stades étudiés; de ce fait, il faudrait peut-être parcourir un grand nombre de coupes pour en rencontrer une. Mais il faut aussi tenir compte du fait que lorsque les cellules mésenchymateuses se sont différenciées en fibres musculaires lisses elles ne se divisent plus ni par cinèse ni autrement; comme toutes les cellules de la média ou presque toutes subissent cette différenciation dans les stades à deux ou trois couches de fibres musculaires, il n'est pas étonnant de constater l'absence de multiplication cellulaire par division.

Par contre, il existe des cellules migratrices, cellules rondes mobiles du mésenchyme, qui se glissent dans la média.

C'est ainsi que nous en avons signalé un assez grand nombre dans la fémorale et l'humérale d'un fœtus de 16 cm. 2, où elles occupent une petite zone située tout à fait à la périphérie de la média. Ces cellules se fixent et se différencient ultérieurement dans cette tunique. Elles fournissent : 1° le contingent des cellules migratrices, qui deviennent myoblastes et assurent, au moins en partie, la croissance interstitielle de la média; 2° les myoblastes, qui se différencient au contact de la couche la plus externe des fibres musculaires, déjà bien développées, de la tunique moyenne.

La couche limitante élastique externe apparaît un peu plus tardivement que l'interne, mais elle la suit de près. Elle est juste indiquée par quelques fibres dans la tibiale postérieure au stade de 7 cm. 5, dans la radiale et la cubitale au stade de 9 cm. 3. Par contre, elle est très nette chez le fœtus de 12 cm. 5, dans la fémorale et s'affirme dans toutes les grosses artères à ce stade. Elle reste toujours fibrillaire, mais

elle forme une couche nette et continue à la face externe de la média, de sorte qu'on ne peut admettre une augmentation en épaisseur de cette dernière par adjonction de couches périphériques.

Il est à noter qu'au stade de 22 centimètres la carotide interne, à la bifurcation, ne présente aucune trace de limitante élastique externe, en quoi elle participe encore à son origine de la structure des artères élastiques. D'ailleurs, les couches externes de la média comportent d'abondantes formations élastiques.

L'adventice lamelleuse, dans les premiers stades, se condense peu à peu et prend l'aspect d'une membrane fibreuse stratifiée; mais les formations élastiques n'y apparaissent que tardivement. Il faut arriver au stade de 16 cm. 2 pour trouver quelques fibres élastiques, surtout longitudinales, dans l'adventice des carotides. Au stade de 15 cm. 5, il n'y a pas encore de fibres élastiques dans l'adventice de la fémorale, tandis qu'on en trouve au stade de 22 centimètres (moitié du sixième mois) dans l'humérale, la radiale et la cubitale. Elles ont une direction majeure longitudinale, surtout dans la zone externe de la tunique, et sont donc très nettement séparées, comme chez l'adulte (Cf. thèse d'Escudier), de la limitante élastique externe.

*
* *

En résumé, le développement des artères, envisagé dans ses grandes lignes, se fait de la façon suivante :

A. Artères du type élastique (gros troncs).

Un premier stade, durant lequel la paroi est purement endothéliale.

Un second stade, marqué par la densification du mésenchyme autour de l'endothélium.

Un troisième stade, dans lequel une zone de mésenchyme dense et serré marque la place de la média, tandis que l'adventice reste lâche : c'est le stade de délimitation des tuniques.

Un quatrième stade, dit de différenciation, dans lequel les éléments élastiques et musculaires s'individualisent dans les trois tuniques. On note alors, par ordre chronologique : 1° un réseau fibrillaire élastique dans la média, plus fort dans les couches externes; 2° la tendance à la disposition lamellaire des éléments élastiques; 3° la formation de la limitante élastique interne; 4° la formation de lames élastiques très précises; 5° l'apparition des fibres musculaires de la média; 6° l'apparition de quelques rudiments de l'endartère.

L'adventice évolue lentement vers le type fibreux pur.

B. Artères du type musculaire.

Les premiers stades sont les mêmes : Stade endothélial; — Stade de paroi mésenchymateuse sans différenciation des tuniques; — Stade de délimitation des tuniques, la média étant représentée par deux ou trois couches de cellules mésenchymateuses arrondies, serrées au milieu de substance collagène.

Puis le stade de différenciation présente les phénomènes suivants, dans l'ordre chronologique :

- 1° Apparition de la limitante élastique interne;
- 2° Formation de la limitante élastique externe;
- 3° Différenciation des fibres musculaires lisses;
- 4° Apparition tardive des éléments élastiques de l'adventice;
- 5° Ebauche de quelques éléments endartériels dans les plus gros vaisseaux.

Quel que soit le vaisseau considéré, chaque tunique s'accroît pour son propre compte, sans empiéter sur les voisines et sans leur emprunter des couches qu'elle s'incorporerait. La croissance est donc *interstitielle*, soit par multiplication des éléments préexistants, soit par immigration de cellules mésenchymateuses mobiles et différenciation secondaire. De plus, elle est aussi *appositionnelle* par la différenciation sur la face externe de la média, en dedans de la limitante externe, de myoblastes issus de cellules rondes mobiles immigrées.

CHAPITRE III

ETUDE ANALYTIQUE DU DEVELOPPEMENT DE QUELQUES ELEMENTS DONNEES GENERALES SUR LE DEVELOPPEMENT DES PAROIS VASCULAIRES REFLEXIONS SUR LA MECANOGENESE ET LE DETERMINISME DU DEVELOPPEMENT DES PAROIS ARTERIELLES

Les recherches analytiques qui viennent d'être exposées laissent dans l'ombre un certain nombre de points de détail. Il n'a été question en somme que du développement topographique des parois artérielles, de l'apparition de tel élément à tel stade déterminé, sans envisager leur histogénèse ou leur mode de différenciation. Ce sont ces points particuliers qui feront l'objet de la première partie de ce chapitre.

A. — Etude analytique du développement de quelques éléments de la paroi vasculaire.

On peut admettre sans discussion que les constituants de la paroi artérielle dérivent tous du mésenchyme, mais il reste à préciser; dans la mesure du possible, les processus histogénétiques qui leur donnent naissance. Deux points seront spécialement étudiés :

- 1° la genèse des formations élastiques;
- 2° l'origine des fibres musculaires lisses.

1° GENÈSE DES FORMATIONS ÉLASTIQUES.

Les formations élastiques se présentent, dans le vaisseau adulte, sous trois formes : fibres, fibres aplaties et rubannées, lames. La formation des fibres élastiques débute, chez l'embryon, dans les parois vasculaires et spécialement dans les gros vaisseaux. L'origine de ces fibres est toujours discutée; formées d'une substance très particulière, dont les réactions colorantes sont très précises, il semble qu'on puisse aisément trouver leur origine. En réalité rien n'est plus difficile. D'abord elles n'apparaissent pas avec leur constitution chimique parfaite et définitive. Le Professeur G. Dubreuil a parlé à plusieurs reprises de « substance préélastique » beaucoup moins colorable par les colorants spécifiques que la substance des fibres bien développées et qui suscite une difficulté pour reconnaître l'origine exacte des fibres.

Une ancienne opinion simpliste, première en date, supposait que des cellules conjonctives particulières, les « élastoblastes », s'allongeaient, que leur protoplasme s'étirait et se transformait en élastine en même temps que le noyau disparaissait. Cette conception est reprise dans le travail de Krompecher; par contre Priebatsch n'ose se prononcer sur l'origine cellulaire ou non des fibres. Les vaisseaux ne sont pas un objet d'étude favorable pour juger la question, les éléments cellulaires de la média, trop serrés les uns contre les autres, sont nécessairement en contact avec les lamelles collagènes intercellulaires dès les premiers stades, et par conséquent avec les cellules. Mais rien n'autorise à conclure à un lien génétique entre les cellules et les fibres élastiques.

Dans les lames conjonctives délicates, épiploons et mésentères jeunes, examinés par la méthode d'étalement, ce lien génétique est impossible à établir aussi bien pour les fibres conjonctives que pour les fibres élastiques. Force est de rester dans la notion un peu confuse que ces fibres apparaissent dans le milieu mésenchymateux et spécialement dans les lames qui

constituent les parties solides et figurées de ce milieu, les premières en passant par le stade tramulaire (tramule de Renault), les secondes par la différenciation de réseaux de substance préélastique. Celle-ci mûrit et se transforme en substance élastique, comme la substance précollagène devient collagène.

Il est impossible de retrouver dans les parois vaculaires les « grains élastiques » décrits dans les anciens classiques comme l'origine des fibres ou des lames. Les fibres vues en coupe transversale peuvent donner l'apparence de grains mais l'erreur est facile à éviter.

Nous concluons donc au mode suivant de genèse des fibres élastiques : Les fibres apparaissent d'emblée, très fines et relativement peu colorables par les colorants spécifiques (fuchsine ferrique de Weigert, safranine ferrique de Minervini) parce qu'elles sont formées de substance préélastique. Elles s'affirment de plus en plus en grossissant et en devenant spécifiquement colorables.

Voyons maintenant la genèse des lames élastiques :

Il s'agit surtout de la formation de la lame élastique interne des artères et des lames élastiques des gros vaisseaux.

Il est aisé de dire que « l'endothélium sécrète une membrane basale d'abord rigide qui bientôt s'imprègne d'élastine » (Bory, 1909). En réalité cette sécrétion de membrane basale n'a jamais été vue et son imprégnation d'élastine si peu observée que Bory n'a même pas vu la constitution fibrillaire des lames élastiques.

En réalité, les membranes élastiques apparaissent d'abord sous forme d'un réseau de fibres. Dans les lames internes, ces fibres sont toutes longitudinales et régulièrement disposées, relativement serrées les unes contre les autres, au dessous de l'endothélium. Cet état fibrillaire persiste dans un grand nombre de vaisseaux de l'adulte (cf. Escudier, Donnadiou).

En outre, ces fibrilles sont maintenues dans un même plan par une substance interfibrillaire homogène et très faiblement colorable par les colorants spécifiques de l'élastine.

Cette disposition est bien en accord avec la conception déjà ancienne du Professeur G. Dubreuil (1903) : « La fibre élastique est constituée par deux substances : 1° Par une portion centrale cylindrique et pleine, seule colorable par les colorants électifs (orcéine, fuchsine ferrique, rouge d'acridine ferrique, etc.) qui est la *substance élastique* proprement dite; 2° Par une gaine externe, dite *gaine ductile*, très mince l'entourant sur tout son pourtour et dans toute son étendue, que ne colorent pas les substances susdites et de nature chimique encore indéterminée. — Les membranules élastiques sont constituées par la gaine ductile qui a obéi, dans les angles de réunion, aux lois de tension superficielle. »

On conçoit aisément que, pour des fibres élastiques très rapprochées les unes des autres, les gaines ductiles sont fusionnées et maintiennent ainsi les fils d'élastine sur une surface régulière et continue donnant l'aspect des lames limitantes élastiques internes.

La structure fibrillaire est très facile à observer dans les couches tangentielles ou obliques des vaisseaux, encore ne faut-il pas la confondre avec l'aspect grossier dû aux plis longitudinaux de la limitante élastique interne lors de la rétraction de la paroi vasculaire. D'ailleurs les fibrilles sont tellement nettes et précises que cette confusion est facile à éviter dans la plupart des artères embryonnaires et dans beaucoup de petites artères de l'adulte, voire même dans quelques grosses comme les artères épiploïques.

Lorsque le développement s'avance, il paraît certain que les fibres d'élastine s'épaississent et fusionnent les unes avec les autres pour constituer une membrane fenêtrée, perforée ou même continue et homogène. Mais il est certain que lorsque la membrane est rétractée et plissée, lorsqu'elle est vue en coupe transversale, la structure fibrillaire est difficile à voir, même là où elle existe très nettement, c'est pourquoi elle est passée inaperçue à la plupart des auteurs.

Naturellement, les fibres élastiques de la media et celles de l'adventice apparaissent dans l'épaisseur des lames col-

lagénés de ces deux tuniques et, en ce qui concerne la formation des lames dans la media des artères élastiques, le même processus d'agglomération et de fusion des fibres est appliqué comme dans la limitante interne.

2° GENÈSE DES FIBRES MUSCULAIRES.

La genèse des cellules musculaires lisses à partir des cellules mésenchymateuses est admise par tous. Prenant, Verzar, Mlle Mac Gill, Florence Sabin ont les uns produit des affirmations, les autres des démonstrations de ce fait. Renaut et Dubreuil ont traité plus spécialement l'origine des cellules musculaires lisses des artères. Dans des épiploons en voie de développement, ils ont montré que « les cellules musculaires lisses des vaisseaux artériels ont pour origine première des cellules connectives rondes mobiles qui viennent se poser, puis se fixent une à une. le plus souvent distancées entre elles, sur la paroi propre du vaisseau à muscler ». Ces auteurs distinguent les stades de *promyoblastes*, au moment où elles adhèrent au vaisseau, puis de *myoblastes* avec une couche sarcoplasmique différenciée et enfin de *jeunes cellules musculaires* lorsqu'elles ont différencié des formations contractiles, les bandelettes myoplasmiques et plus tard les myofibrilles.

Ces faits démontrés sur des vaisseaux de petit calibre sont vrais en général pour les gros vaisseaux.

Lorsque la media des artères élastiques est délimitée, les cellules mésenchymateuses s'y présentent sous la forme de cellules arrondies ou polyédriques. Elles se multiplient et contribuent de ce fait à l'accroissement en épaisseur et en longueur de la paroi vasculaire; mais elles restent longtemps à ce stade indifférent durant lequel les mitoses sont possibles. Il est même probable qu'un certain nombre de ces cellules mésenchymateuses restent à l'état de cellules conjonctives chez l'adulte, surtout dans les couches périphériques de la média, tandis que la majorité des cellules prennent les

caractères de cellules musculaires lisses. Le laminage des cellules entre les lames élastiques rend difficile leur identification en tant que cellules conjonctives ou musculaires.

Dans les vaisseaux du type musculaire, les cellules mésenchymateuses rondes ou polyédriques de la media, séparées par de fines cloisons précollagènes ou collagènes forment une paroi dense dès le stade de délimitation des tuniques. Mais on observe, assez rapidement et peu après l'apparition des limitantes élastiques interne et externe, que ces cellules s'allongent, deviennent fusiformes et prennent l'aspect et les réactions colorantes des fibres musculaires lisses. Presque toutes les cellules ont subi cette différenciation, alors que la media n'a encore que deux ou trois couches de fibres lisses. Dans cet état les cellules sont incapables de se multiplier.

C'est à ce moment qu'intervient le processus décrit jadis par Renaut et Dubreuil. Des cellules mésenchymateuses rondes mobiles se glissent entre les éléments musculaires, s'y établissent et passent par les stades de promyoblastes, myoblastes, jeunes cellules musculaires, etc. On peut constater l'existence de ces cellules migratrices dans la paroi et, s'il est difficile de suivre dans des coupes les stades de leur différenciation, on peut cependant les admettre, comme les ont vus les auteurs précités sur les vaisseaux étalés de l'épiploon.

Ainsi se trouve expliquée la genèse des deux éléments fondamentaux au point de vue histophysiologique de la paroi artérielle : éléments élastiques et musculaires.

B. — Données générales sur le développement des parois vasculaires.

L'étude analytique du chapitre précédent et les faits cytologiques de la première partie de ce chapitre permettent quelques vues générales qui sont indiquées ci-dessous.

Le vaisseau primitivement endothélial passe par un stade où le mésenchyme se condense et s'ordonne autour de l'en-

dothélium. Cette phase est très courte et se passe dans la période embryonnaire (jusqu'au 38^e jour pour les gros vaisseaux et tout au début de la période fœtale pour les vaisseaux de moyen calibre [deuxième moitié du second mois et début du troisième]).

La période de délimitation des tuniques, caractérisée par la formation d'une media dense et distincte de l'adventice, plus précoce pour les gros vaisseaux que pour les moyens, suit immédiatement. Elle est déjà très avancée pour la plupart des vaisseaux moyens au stade de 6 centimètres qui correspond à la moitié du troisième mois.

La période de différenciation, qui est marquée d'abord par l'apparition des éléments élastiques, s'étend depuis le 40^e jour environ pour l'aorte (avant le stade de 21 millimètres) jusqu'à la fin du troisième mois pour les artères du type musculaire telles que la radiale et la cubitale (stade de 6,2 centimètres). Les fibres musculaires apparaissent au stade de 7,5 centimètres environ dans l'aorte, de 8 centimètres dans la carotide interne, un peu plus tard, mais avant le stade de 15 centimètres dans la plupart des artères musculaires dénommées de l'adulte.

Voici donc deux faits acquis :

- a) *La différenciation des éléments dans la paroi artérielle se fait dans l'ordre suivant : éléments endothéliaux, puis mésenchymateux avec cellules et fibres conjonctives.*

Secondairement apparaissent, d'abord les éléments élastiques, ultérieurement les fibres musculaires lisses.

- b) *La différenciation est plus précoce dans les gros vaisseaux primitifs (futurs artères élastiques) que dans les vaisseaux de moyen calibre (futurs artères musculaires) qui se développent secondairement par rapport aux premiers.*

De plus, nous avons fait remarquer la délimitation précoce des trois tuniques du vaisseau, notamment la séparation de la

média, soit du côté de l'intima par la limitante élastique interne, soit du côté de l'adventice ou externa par la limitante élastique externe. Ces limitantes s'accroissent pour leur propre compte, mais ne subissent que des modifications de détail, elles se renforcent; mais ne disparaissent jamais. Il s'ensuit que l'intima n'empruntera rien à la média pour se développer et s'accroître et que la media ne s'accroîtra pas davantage aux dépens de l'adventice. D'où découle cet autre fait fondamental :

Chaque tunique de la paroi artérielle une fois délimitée, se développe pour son propre compte sans emprunter aux couches voisines des formations adjacentes.

Enfin on a vu que les artères du type élastique ne se développent pas comme les artères du type musculaire. Dans l'aorte thoracique ou abdominale, les premiers éléments élastiques apparus correspondent aux futures lames élastiques de la media, la limitante élastique interne est d'apparition secondaire, il n'y a jamais de limitante élastique externe. Au contraire, dans la fémorale, l'humérale, la radiale, la cubitale, les tibiales et les petites artères du type musculaire, la limitante élastique interne apparaît la première, puis rapidement la limitante élastique externe.

D'où il est permis de conclure :

Les artères se développent chacune suivant leur type définitif, type à media élastique pour les unes, type à media musculaire pour les autres.

Le vaisseau fœtal, dès le stade de 12 à 15 centimètres représente en réduction le vaisseau adulte.

Nous savons que les artères musculaires possèdent, chez l'adulte, une forte armature élastique dans leur adventice et souvent à distance de la limitante élastique externe, disposition en rapport avec l'élasticité nécessaire des parois de ces artères. Nous savons d'autre part que cette armature se développe assez tard et postérieurement à l'apparition de la musculature de la media. Au total, tout se passe comme si l'apparition d'une forte couche musculaire dense et efficace

localisait dans l'adventice les formations élastiques, réalisant ainsi une formule de constitution entièrement différente de celle des artères élastiques (Escudier-Donnadieu et G. Dubreuil).

C. — Réflexions sur la mécanogénèse et le déterminisme du développement des parois artérielles.

Trois faits très généraux dominent l'histoire du développement des parois artérielles.

Le premier, bien connu depuis longtemps, c'est que la paroi artérielle est d'abord réduite à une enveloppe conjonctive disposée autour d'un tube endothélial, et que secondairement cette enveloppe est le siège de différenciations locales variées aboutissant en définitive à la constitution de trois tuniques superposées : l'intima, la media et l'adventice.

Il s'ensuit que ces trois tuniques représentent en réalité des régions d'une paroi unique et non point des organes indépendants; leur distinction conserve une valeur topographique incontestable mais ne doit pas faire perdre de vue leur véritable signification morphologique et leur étroite solidarité fonctionnelle.

En second lieu, il faut retenir — et cela résulte nettement de l'étude embryologique précédente que les artères réalisent très précocement leur structure définitive, au moins dans ce qu'elle a d'essentiel et de caractéristique, ce qui permet de reconnaître de très bonne heure si un vaisseau donné sera une artère du type élastique ou une artère du type musculaire. Enfin, il apparaît que, dans l'ordre chronologique, les formations élastiques apparaissent d'abord, puis, lorsque, dans les artères musculaires comme dans les artères élastiques, elles ont pris un notable degré de développement, les éléments musculaires apparaissent et prennent les dispositions caractéristiques des deux types d'artères.

Quelle signification histophysiologique convient-il de don-

ner à ces faits? C'est ce que nous allons examiner maintenant.

On ne saurait, en pareille matière, être trop prudent, car, pour des raisons qui tombent sous le sens, le point de vue en question ne peut être abordé de façon directe. On en est réduit à des raisonnements par induction ou par analogie qui ne manquent certes pas d'intérêt mais auxquels on ne saurait accorder une valeur démonstrative rigoureusement cruciale.

La première idée qui vient à l'esprit, c'est d'invoquer le principe général suivant lequel une identité de structure implique une identité de fonctions; et d'en tirer la conclusion que, s'il y a de très bonne heure des artères du type musculaire et des artères du type élastique, c'est que ces vaisseaux répondent à des adaptations fonctionnelles analogues à celles qui caractérisent les divers segments du système artériel adulte. Dans celui-ci, on le sait, les artères du type élastique sont organisées en vue de l'absorption de l'ondée sanguine, de sa progression, de la régularisation du cours sanguin et du maintien de la pression artérielle. Dans les artères musculaires, il existe en plus de ces fonctions assurées par une armature élastique propre, un rôle de régulation des circulations régionales, locales ou partielles qui est le fait des formations musculaires particulièrement bien développées de la media (Escudier-Donnadieu). Et en fait, tout compte tenu des différences de structure séparant les artères du fœtus et celles de l'adulte, on peut admettre raisonnablement que la marche différente de l'évolution embryologique des deux types artériels est en rapport avec l'installation graduelle des conditions générales et spéciales de la circulation.

Quand on étudie la structure des parois artérielles complètement développées, on ne manque pas d'être frappé par le fait que toutes les artères, même celles qui sont pourvues d'un appareil contractile vigoureux, possèdent une armature élastique de puissance et de conformation variables mais toujours bien développée. Ceci conduit à la notion, aussi vraie au point de vue anatomique qu'au point de vue physiologique que toutes les artères sont élastiques, tandis que la contractilité

pour autant qu'elle est vraiment efficace se trouve localisée aux artères moyennes et petites (Escudier-Donnadieu).

Si l'on rapproche cette constatation du fait que dans toutes les artères, les formations élastiques précèdent notablement dans leur apparition les dispositifs musculaires, on en arrive à conclure que tout se passe comme si dans un premier temps de leur évolution les artères étaient organisées en vue de satisfaire à des conditions générales d'écoulement continu et sous une certaine pression de la masse sanguine. Plus tard, et seulement dans les parties moyennes et terminales de l'arbre artériel, elles acquerraient par la différenciation d'une musculature vraiment efficace la propriété supplémentaire de régulation des circulations locales. Malheureusement, l'absence de données précises sur la physiologie circulatoire du fœtus ne permet pas d'accorder à ces vues une valeur absolument rigoureuse.

Mais quels que soient le sens et la signification des adaptations structurales dont il s'agit, la question se pose de savoir quels sont les facteurs des différenciations histologiques correspondantes ainsi que le mode d'actions de ces facteurs. Divers auteurs : W. Roux, Jores, Triepel et surtout Thoma tendent à accorder aux facteurs mécaniques un rôle prédominant.

Selon Thoma en particulier, il faut considérer que les parois artérielles sont soumises à deux ordres de forces : les unes sont des tensions circulaires en rapport avec la pression sanguine intra-artérielle, les autres sont des tensions longitudinales parmi lesquelles il y a lieu de distinguer des tensions internes relativement faibles qui trouvent leur origine dans l'adhérence du sang circulant à la paroi artérielle et des tensions externes telles que les contractions musculaires ou les mouvements articulaires. Thoma paraît admettre que ces actions interviennent d'une part dans la différenciation des constituants élastiques et musculaires et d'autre part dans leur orientation, de sorte que les tensions circulaires seraient cause de la disposition en strates concentriques des éléments

de la media, que les tensions longitudinales internes détermineraient l'orientation des éléments de l'intima et, notamment pour une bonne part, de la limitante élastique interne, et qu'enfin c'est à l'action des tensions longitudinales externes qu'il faut rapporter les particularités d'organisation de l'adventice.

Sans rien enlever au mérite des recherches de Thoma et de ceux qui l'on précédé, et tout en reconnaissant l'incontestable part de vérité que ces travaux renferment, il est indispensable de faire remarquer ici que l'action morphogénétique des facteurs mécaniques n'est pas seule à intervenir dans l'histogénèse des parois artérielles. S'il n'y a en effet aucune difficulté à concevoir l'influence exercée par ces actions dans l'orientation générale des divers constituants, il est permis de douter du rôle décisif à eux attribué explicitement ou implicitement dans la genèse de ces éléments eux-mêmes.

Voici, par exemple, deux organes en voie de développement, placés au voisinage l'un de l'autre : l'aorte et l'œsophage. Alors que l'aorte conduit effectivement du sang depuis longtemps déjà, et qu'elle subit les effets de l'impulsion du cœur embryonnaire, elle demeure réduite à un tube endothélial doublé d'une paroi purement mésenchymateuse sans trace de différenciations élastiques ou musculaires, ces dernières n'apparaissant que vers le quatrième mois de la vie intra-utérine. Tandis que, dès le stade de 26 millimètres correspondant à la fin du deuxième mois, on constate que l'œsophage, manifestement soustrait à des actions mécaniques morphogènes notables, possède un appareil musculaire parfaitement net. Et l'on pourrait trouver des exemples du même ordre dans une foule d'organes.

Il faut donc se garder d'accorder comme ont tendance à le faire des esprits simplistes un rôle prédominant ou même exclusif aux facteurs mécaniques. Cette prudence est d'autant plus indispensable que, en réalité, l'apparition et l'évolution des caractères morphologiques et structuraux sont ré-

glées par des actions multiples et variées : Facteurs mécaniques, influence du milieu et du fonctionnement, causes héréditaires et raisons plus mystérieuses encore, agissent en liaison et en harmonie en vue de la réalisation de formes remarquablement adaptées à leurs fonctions. L'étude de ces facteurs et de leurs interactions est nécessairement analytique et fragmentaire. Quels que soient les résultats auxquels elle conduit, il ne faut pas méconnaître la complexité réelle du problème et de ses données, ni oublier que ces résultats destinés à s'agréger aux faits déjà connus et aux acquisitions de demain ne renferment qu'une modeste part de vérité.

CONCLUSIONS

I. — Le développement des parois artérielles comprend les stades suivants :

- a) Stade purement endothélial;
- b) Stade endothélial avec couche mésenchymateuse indifférenciée;
- c) Stade de délimitation des tuniques;
- d) Stade de différenciation des éléments de ces tuniques.

II. — Cette évolution est plus précocement réalisée dans les grosses artères (futurs artères élastiques) premières formées que dans les artères moyennes et petites (musculaires), d'apparition plus tardive.

III. — Chaque tunique de la paroi artérielle une fois délimitée, se développe pour son propre compte, sans emprunter aux couches voisines des formations adjacentes.

IV. — Les artères se développent chacune suivant leur type définitif : type à média élastique pour les uns, type à média musculaire pour les autres.

V. — Dans les deux types, élastique et musculaire, les formations élastiques précèdent l'apparition des formations musculaires.

VI. — Dans les artères élastiques, les éléments apparaissent dans l'ordre suivant : 1° lames élastiques de la média; 2° li-

mitante élastique interne; 3° fibres musculaires lisses de la média; 4° éléments propres de l'endartère. L'adventice, fibreuse d'emblée, ne cesse de se renforcer. Il ne se forme jamais de limitante élastique externe.

VII. — Dans les artères musculaires, l'ordre d'apparition est le suivant : 1° limitante élastique interne; 2° limitante élastique externe; 3° fibres musculaires de la média; 4° renforcement fibreux et fibres élastiques de l'adventice; 5° éléments propres de l'intima.

VIII. — Les éléments élastiques apparaissent sous forme de fibres dont la coalescence et l'orientation dans des plans définis peuvent aboutir dans certains cas à la formation de lames de puissance variable. Il est certain, en particulier, que toutes les futures lames élastiques internes ont primitivement une constitution fibrillaire qui persiste dans certains cas chez l'adulte.

IX. — Les premières fibres musculaires ont comme origine les cellules mésenchymateuses de la média. Leur augmentation en nombre est réalisée :

1° Dans les artères élastiques par la division de cellules mésenchymateuses encore peu différenciées (promyoblastes et myoblastes);

2° Dans les artères musculaires, au moins pour une forte partie, par l'immigration de cellules mésenchymateuses rondes mobiles, soit entre les fibres musculaires préexistantes, soit au contact de la couche la plus externe de ces fibres. Ces cellules se différencient ultérieurement en fibres lisses.

X. — De ce fait, on peut dire que la croissance en épaisseur et en longueur de la média est interstitielle, ainsi que celle des autres tuniques; elle est aussi appositionnelle par adjonction d'éléments nouveaux, mais sans aucun emprunt aux tuniques voisines.

XI. — Les actions mécaniques morphogènes, auxquelles certains auteurs attribuent un rôle prépondérant dans le développement des structures, ne sont pas capables d'expliquer à elles seules l'apparition de ces structures. Tout au plus peut-on dire que ces actions s'ajoutent à un ensemble de causes morphogénétiques héréditaires et autres dont le rôle, en raison de son imprécision actuelle, a sans doute été sous-estimé.

VU : *Le Doyen,*

C. SIGALAS.

VU, BON A IMPRIMER :

Le Président,

G. DUBREUIL.

VU, ET PERMIS D'IMPRIMER :

Bordeaux, le 3 décembre 1930.

Le Recteur de l'Académie,

F. DUMAS.

BIBLIOGRAPHIE

- ACCOYER. — Sur les mécanismes morphogénétiques qui surviennent dans la détermination de la structure histologique des artères à l'état normal et à l'état pathologique. *Progrès médical*, 1926, p. 563 et suiv.
- ACQUISTO. — Genesi e sviluppo della sostanza elastica. *Atti. R. Accad. d. Sc. Med.*, Palermo, 1900.
- ASCHOFF. — Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Arterien beim menschlichen Embryo. *Schwalbe's Morph. Arb.*, Bd II, Heft 1, S. 1-33, et auch Diss. Strasbourg, 1892.
- BONNET. — Über den Bau der Arterienwand. *Deutsche med. Wochensch.*, n° 1, 1896.
- BORY. — De l'édification élastique dans les artères de l'embryon. *Bull. Soc. biol.*, 1909, p. 644-646.
- DUBREUIL (G.). — Modifications structurales et disparition des fibres élastiques dans l'inflammation expérimentale du mésentère de la grenouille. *Bibliographie anatomique*, t. XIII, fasc. 3, 1903.
- Signification et valeur de la média et des tissus élastiques et musculaires des parois artérielles. *Arch. d'anat. microscop.*, t. XXV, 1929.
- ESCUDIER-DONNADIEU. — Structure, classification et histophysiologie des artères de l'homme. Thèse Bordeaux, 1928.
- JORES. — Über die Neubildung elastischer Fasern in der Intima bei Endarteritis. *Beitrag z. path. Anat. u. z. allg. Path.*, 1898, Bd 21; 1900, Bd 27.
- KROMPECHER. — Entwicklungsgesichte des Elastichengewebe in der Arterienwand. *Zeitschr. f. d. ges. Anat.* (Abdt 1), 85, 1928.

MAG GILL. — The early histogenesis of striated muscles in the oesophagus of the Pig and the Dogfish. *Anat. Record*, vol. 4, f. 23-47, 1910.

— The histogenesis of smooth muscle in the alimentary and respiratory tract of the Pig. *Int. Monatschrift f. Anat. and Physiol*, Bd XXIX, 1907.

— The syncytial structure of smooth muscle. *Proc. Ass. Americ. of Anatomists and Anat. Record*, 1907.

MORPURGO. — Über die Entwicklung der Arterienwand. *Sitzungsberichte der Kais. Akad. d. Wiss. Wien*, 1885.

PRENANT. — Sur les transformations de la paroi de certaines artères de l'utérus du cobaye après parturition. *C. R. Ass. des anat.*, Liège, 1926, p. 495.

PRIEBATSCH. — Über die Histogenese der Aortwand der Säugetiere mit besonderer Berücksichtigung der elastischen Fasern. Diss. Bern, 1903.

La thèse de Priebatsch contient une documentation très détaillée sur la question du développement des parois artérielles que nous jugeons inutile de reproduire ici.

RIZZO. — Lo Sviluppo e la distribuzione delle fibre elastiche nel anore del pollo. *Anat. Anzeiger*, Bd XX, 1901.

ROTHFELD. — Zur Kenntnis der radiären elastischen Fasern in der Blutgefäßwand. *Anat. Anzeiger*, Bd. XXXVIII, n° 22, S. 573-576, 1911.

THOMA. — Ueber die Stromung des Blutes in der Gefäßbahn und die Spannung der Gefäßwand. *Beitr. z. path. Anat. und z. allg. Path.*, 1920, Bd, LXVI.

— Ueber die Abhängigkeit des Blindgewebsneubildung in der Arterien intima von der mechanischen Bedigungen des Blutlaufes. *Virchow's. Archiv. für path. Anat.*, 1882, XCIII; 1884, t. XCV.

TRIEPEL (H.). — Das elastische Gewebe in der Wand der Arterien der Schädelhöhle. *Anat. Hefte, Wiesb.* 1896, Bd VII, 189-214.

EXPLICATION DES PLANCHES

ABBREVIATIONS :

Adv.	Adventice.
Cel. migr.	Cellules migratrices.
Endo	Endothélium.
L. él. int.	Limitante élastique interne.
L. él. ext.	Limitante élastique externe.
Med.	Média.

PLANCHE I

Fig. 1, 2, 3, 4 : coloration à la fuchsine-résorcine de Weigert; grossissement : 130 diamètres. — *Fig. 5, 6, 7* : coloration à l'hématéine-éosine; grossissement : 230 diamètres.

FIG. 1. — *Aorte thoracique d'un embryon de 21 millimètres* : Le réseau des fibres élastiques apparaît d'abord, dans l'épaisseur de la média, formé de fibres de taille et de direction irrégulières.

FIG. 2. — *Aorte thoracique d'un fœtus de 40 millimètres* : Le réseau élastique tend vers une orientation circulaire, en mailles allongées. La limitante élastique interne est formée sur une partie du pourtour du vaisseau, absente ailleurs.

FIG. 3. — *Aorte thoracique d'un fœtus de 7,5 centimètres* : Les fibres élastiques, toujours limitées à la média, sont discrètes dans la zone interne, à tendance lamellaire dans le reste de cette tunique, plus serrées dans la zone externe. La limitante élastique interne est continue.

FIG. 4. — *Aorte thoracique d'un fœtus de 15,5 centimètres* : Les lamelles élastiques caractéristiques de la média sont bien indiquées, la limitante élastique interne est forte, en lame à peu près continue. Pas de fibres élastiques dans l'adventice. Pas de limitante élastique externe.

FIG. 5. — *Aorte thoracique d'un embryon de 21 millimètres* : Les cellules de la média ont une forme sphérique ou polyédrique. Elles sont plus serrées dans la zone interne que dans la zone externe, où les fibres élastiques sont déjà plus marquées (V. fig. 1). Mitoses. L'adventice, déjà légèrement fibreuse, a des cellules aplaties.

FIG. 6. — *Aorte thoracique d'un fœtus de 46 millimètres* : Les cellules de la média ont une légère tendance à l'aplatissement, sauf dans la zone interne; ce ne sont pas encore des myoblastes. Mitoses. L'adventice, déjà légèrement fibreuse, a des cellules aplaties.

FIG. 7. — *Aorte thoracique d'un fœtus de 7,5 centimètres* : Les cellules de la média commencent à s'allonger, ainsi que leur noyau, surtout dans la partie moyenne de la tunique; la couche des cellules les plus internes est formée d'éléments mésenchymateux encore embryonnaires, à noyaux denses. Dans la zone externe, les cellules sont encore presque rondes ou polyédriques. Cellules migratrices. Adventice nettement fibreuse à plans circulaires.

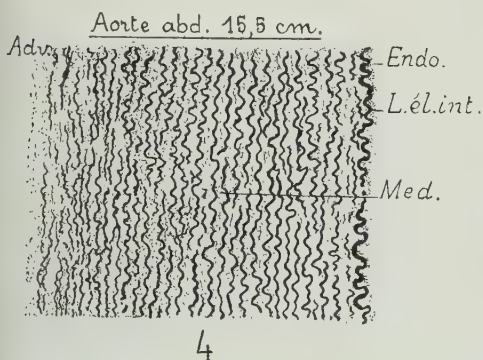
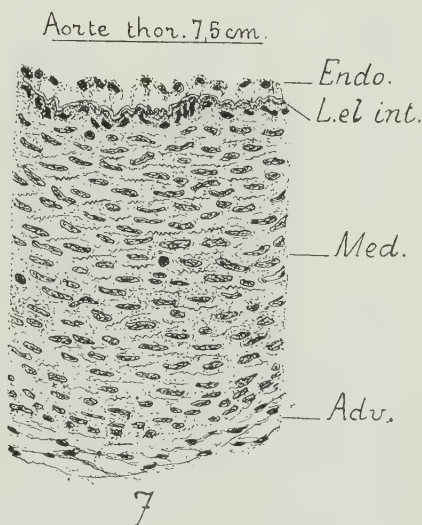
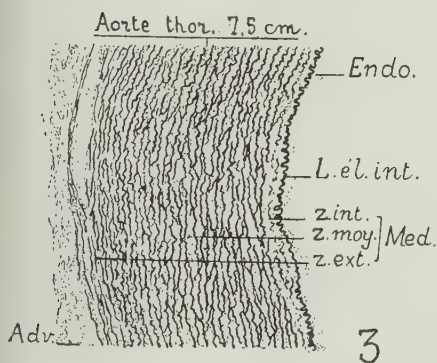
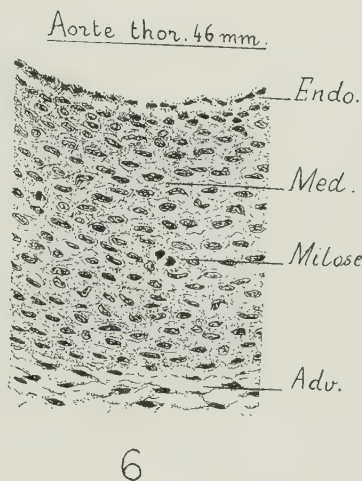
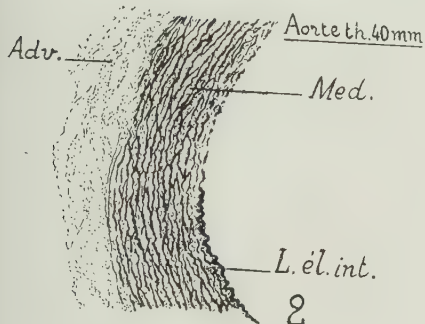
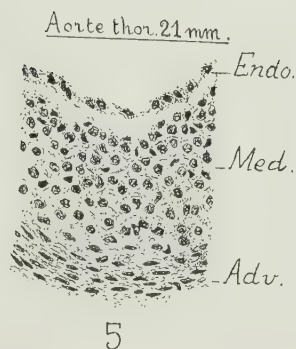
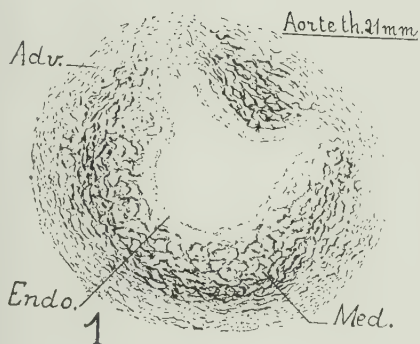


PLANCHE II

FIG. 8. — *Aorte thoracique d'un fœtus de 16,2 centimètres* (hématéine-éosine, grossissement : 230 diamètres) : Quelques ébauches de cellules de l'endartère. Les cellules musculaires de la média sont nettement différenciées, sauf dans la couche interne de cette tunique tout à fait au contact de la limitante élastique interne où elles sont encore indifférentes. Adventice dense, fortement fibreuse, avec de nombreux plans dans lesquels les directions majeures sont variées.

FIG. 9. — *Aorte thoracique d'un fœtus de 22 centimètres* (fuch sine-résorcine de Weigert; grossissement : 130 diamètres) : La structure adulte est déjà nettement indiquée. Limitante élastique interne continue. Une petite zone de la média est encore peu différenciée, mais dans toute l'épaisseur, présence de grosses lames élastiques comme celles de l'adulte. Pas de limitante élastique externe.

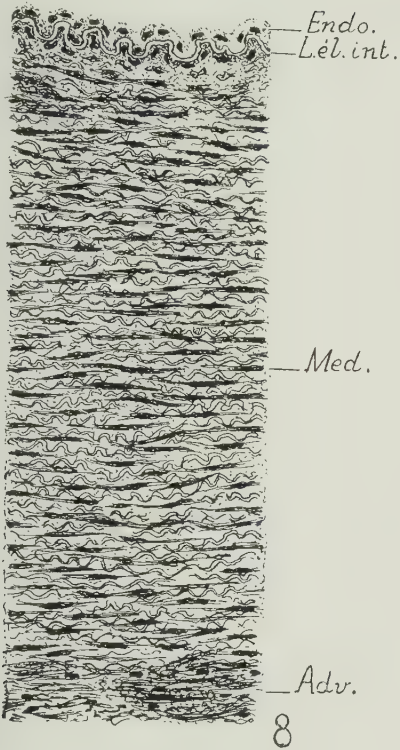
FIG. 10. — *Petite branche de l'artère pulmonaire très proche du hile. Fœtus de 46 millimètres* (fuch sine-résorcine de Weigert; grossissement : 130 diamètres) : Cette artère, bien que de petit calibre, se développe suivant le mode des artères élastiques, dont elle aura d'ailleurs le type à l'état adulte. Les fibres élastiques apparaissent d'abord dans la média, avant la limitante élastique interne.

FIG. 11. — *Carotide primitive d'un fœtus de 15,5 centimètres* (fuch sine-résorcine de Weigert; grossissement : 130 diamètres) : Cette artère, dont les formations élastiques sont très importantes par la suite, se développe partiellement suivant le type des artères musculaires, au moins dans le segment considéré. Limitante élastique interne très nette. Limitante élastique externe discontinue, mais bien indiquée. Formations élastiques notables dans l'épaisseur de la média.

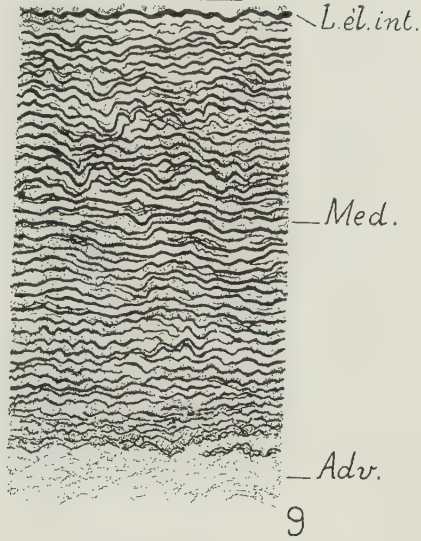
FIG. 12. — *Artère fémorale au triangle de Scarpa. Fœtus de 22 centimètres* (fuch sine-résorcine de Weigert; grossissement : 130 diamètres) : Cette artère, encore proche des troncs du type élastique, se développe sur le type musculaire. Limitante élastique interne précoce, limitante élastique externe très nette, formations élastiques de l'adventice abondantes, mais des formations élastiques notables sont déjà visibles dans la zone externe de la média.

FIG. 13. — *Artère et veine fémorales à mi-cuisse. Fœtus de 6,2 centimètres* (fuch sine-résorcine de Weigert; grossissement : 130 diamètres) : L'artère fémorale, de croissance relativement tardive, présente une limitante élastique interne très nette, mais encore discontinue. La limitante élastique externe est déjà représentée par quelques fibres élastiques. Rares fibres dans l'adventice. La veine ne présente aucune formation élastique.

Aorte thor. 16,2 cm.



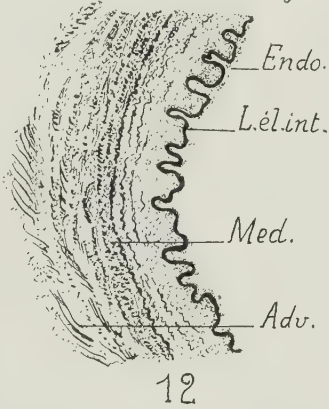
Aorte thor. 22 cm.



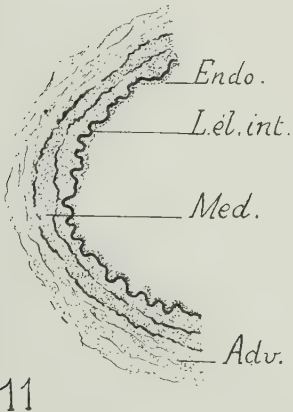
Petite branche de Pulmonaire
au hile. 46 mm.



Fémorale 22 cm. [triangle Scarpa]



Carotide Primitive 15,5 cm.



Artère et Veine Fémorales 6,2 cm [mi cuisse]

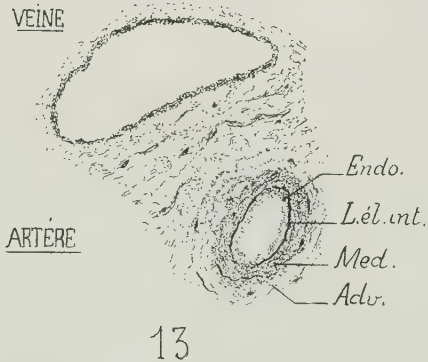


PLANCHE III

FIG. 14. — *Artère fémorale à mi-cuisse. Fœtus de 16,2 centimètres* (fuchsine-résorcine de Weigert; grossissement : 130 diamètres) : Cette artère se développe sur le type des artères musculaires (Voir stade de 6,2 centimètres), les formations élastiques y sont presque réduites à la limitante interne et à la limitante externe, avec quelques rares éléments élastiques dans la média; par contre, les éléments élastiques, presque nuls dans l'adventice des artères élastiques à ce stade, sont déjà très bien indiquées ici sous forme de fibres obliques ou longitudinales.

FIG. 15. — *Même objet* (hématéine-éosine; grossissement : 230 diamètres) : Les fibres musculaires annulaires sont déjà très différenciées dans la média. On y trouve quelques cellules migratrices et, dans la partie tout à fait externe de cette tunique, une couche de cellules rondes, qui se transformeront en myoblastes. Dans l'adventice : une zone interne délicate, une zone externe fibreuse à couches annulaires.

FIG. 16. — *Artère humérale. Fœtus de 16,2 centimètres* (fuchsine-résorcine de Weigert; grossissement : 130 diamètres), et FIG. 17. — *Même objet* (hématéine-éosine; grossissement : 230 diamètres) : Même explication que pour les figures 14 et 15.

FIG. 18. — *Artère et veine humérale. Branche de l'humérale. Fœtus de 22 centimètres* (Fuchsine-résorcine de Weigert; grossissement : 130 diamètres) : Artère développée suivant le type musculaire avec une forte limitante interne, une limitante externe délicate et des formations élastiques nombreuses et fortes dans l'adventice, quelques fibres dans la média. La petite branche de l'humérale voisine représente le développement suivant le type musculaire absolument pur. Les formations élastiques se réduisent à la limitante interne, à la limitante externe ébauchée et aux fibres de l'adventice. Voir par comparaison la veine dans laquelle les formations élastiques, presque toutes longitudinales, un peu plus denses dans la région interne de la média, sont cependant réparties dans toute l'épaisseur de cette tunique.

FIG. 19. — *Artère humérale. Fœtus de 22 centimètres* (hématéine-éosine; grossissement : 230 diamètres) : A comparer avec la précédente. Les couches musculaires internes sont assez denses, tandis que un ou deux feuillets externes sont relativement séparés de la média.

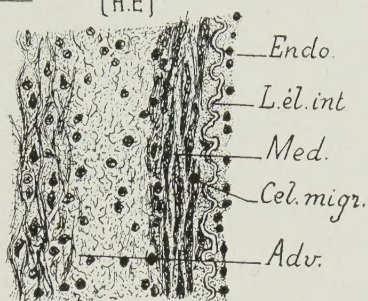
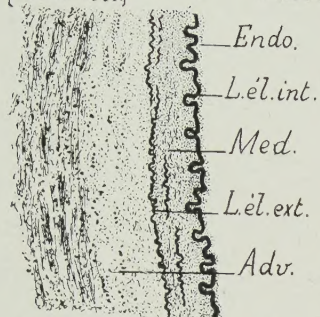
FIG. 20. — *Deux petites artères musculaires du bras. Fœtus de 22 centimètres* (fuchsine-résorcine de Weigert; grossissement : 230 diamètres) : L'une coupée obliquement et l'autre transversalement, montrent la structure fibrillaire de la limitante élastique interne au moment où celle-ci commence à se former. Cette structure persiste d'ailleurs chez l'adulte dans les artérioles.

[Fuchs. Ferr.]

Fémorale 16,2 cm

[H.E.]

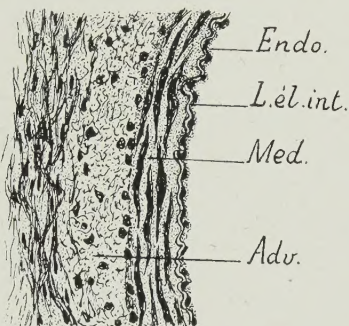
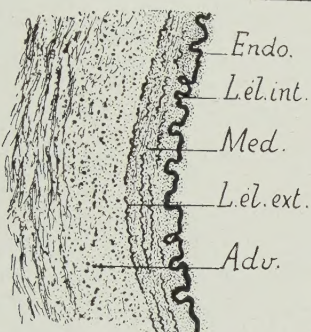
14



15

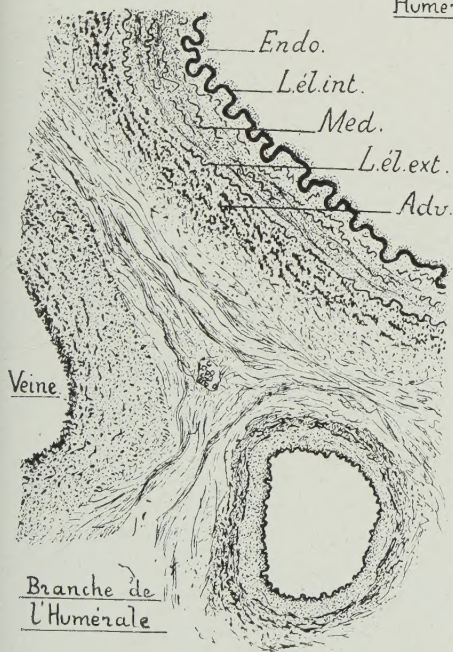
Humérale 16,2 cm.

16

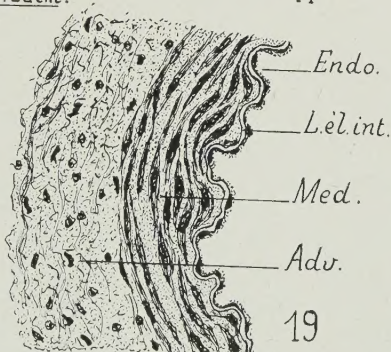


17

Humérale 22 cm.

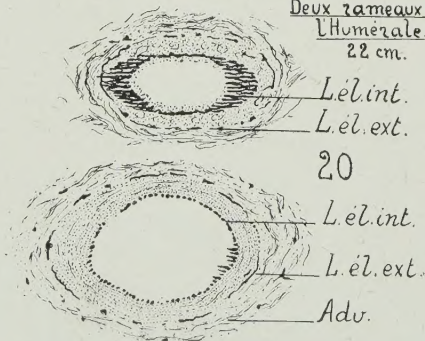


18



19

Deux rameaux de l'Humérale 22 cm.



20

Branche de l'Humérale

